



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KS 141501

# PERAMALAN JANGKA MENENGAH PEMAKAIAN AIR BERSIH UNTUK KATEGORI RUMAH TANGGA DI WILAYAH SURABAYA MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN: STUDI KASUS DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA

YOGHA DWI JULIANTO  
NRP 5212 100 095

Dosen Pembimbing :  
Prof. Ir. Arif Djunaidy, M.Sc., Ph.D.  
Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.

JURUSAN SISTEM INFORMASI  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - KS 141501

*MID-TERM WATER USAGE FORECASTING FOR  
HOUSEHOLD CATEGORY IN SURABAYA USING  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK: CASE STUDY IN  
PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA*

YOGHA DWI JULIANTO  
NRP 5212 100 095

Supervisor:

Prof. Ir. Arif Djunaidy, M.Sc., Ph.D.  
Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.

JURUSAN SISTEM INFORMASI  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PERAMALAN JANGKA MENENGAH PEMAKAIAN AIR BERSIH UNTUK KATEGORI RUMAH TANGGA DI WILAYAH SURABAYA MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN: STUDI KASUS DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA**

#### **TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada  
Jurusan Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**YOGHA DWI JULIANTO**

**NRP. 5212 100 095**

Surabaya, Juli 2016

**KETUA JURUSAN SISTEM INFORMASI**



**Dr. Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom**  
**NIP.19650310 199102 1 001**



## LEMBAR PERSETUJUAN

### PERAMALAN JANGKA MENENGAH PEMAKAIAN AIR BERSIH UNTUK KATEGORI RUMAH TANGGA DI WILAYAH SURABAYA MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN: STUDI KASUS DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA

#### TUGAS AKHIR


Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada

Jurusan Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh :

**YOGHA DWI JULIANTO**  
**NRP. 5212 100 095**

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 19 Juli 2016  
Periode Wisuda : September 2016

**Prof. Ir. Arif Djunaidy, M.Sc., Ph.D.**

  
(Pembimbing I)


**Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.**

  
(Pembimbing II)

**Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.**

  
(Penguji I)

**Amalia Utamima, S.Kom., MBA.**

  
(Penguji II)

**PERAMALAN JANGKA MENENGAH PEMAKAIAN AIR  
BERSIH UNTUK KATEGORI RUMAH TANGGA DI  
WILAYAH SURABAYA MENGGUNAKAN METODE  
JARINGAN SARAF TIRUAN: STUDI KASUS DI PDAM  
SURYA SEMBADA SURABAYA**

**Nama Mahasiswa : Yogha Dwi Julianto**  
**NRP : 5212 100 095**  
**Jurusan : Sistem Informasi FTIf-ITS**  
**Pembimbing I : Prof. Ir. Arif Djunaidy, M.Sc., Ph.D.**  
**Pembimbing II : Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.**

**ABSTRAK**

*Pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya dari tahun ke tahun terus meningkat, terutama pada kategori rumah tangga yang mendominasi pemakaian air. Hal ini mengharuskan PDAM agar melakukan produksi air lebih efektif. Selama tahun 2014, jumlah air yang diproduksi namun tidak sampai ke pelanggan mencapai 27% yang menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Selain itu, pertimbangan pengambilan keputusan mengenai berapa jumlah air yang diproduksi masih dilakukan secara menyeluruh, tanpa mempertimbangkan pemakaian di tiap kategori. Oleh karena itu, pihak PDAM perlu mengetahui perkiraan pemakaian air untuk kategori rumah tangga untuk beberapa periode kedepan agar dapat menetapkan strategi dan sumber daya yang dibutuhkan dalam melakukan produksi.*

*Untuk memberikan gambaran pemakaian air pada kategori rumah tangga dalam beberapa periode kedepan, dalam tugas akhir ini dilakukan peramalan pemakaian air bersih oleh pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya kategori rumah tangga dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan tipe Backpropagation. Untuk melakukan peramalan, digunakan beberapa variabel yang berpengaruh terhadap pemakaian air bersih yaitu jumlah penduduk, jumlah pelanggan kategori rumah*

*tangga, dan pemakaian air untuk kategori rumah tangga pada periode sebelumnya. Data yang digunakan adalah data bulanan selama 15 tahun, mulai dari tahun 2001 hingga tahun 2015. Sebelum melakukan peramalan, dilakukan uji coba untuk mencari model yang paling baik dengan struktur dan parameter-parameter yang memiliki nilai tertentu sehingga memiliki nilai MAPE yang paling rendah.*

*Proses percobaan menghasilkan empat model dengan kinerja terbaik untuk masing-masing kombinasi variabel. Model-model tersebut adalah model dengan variabel pemakaian dengan MAPE untuk validasi pada tahun pertama sebesar 4,965%, model dengan variabel pemakaian dan variabel jumlah pelanggan dengan MAPE untuk validasi pada tahun pertama sebesar 3,255%, model dengan variabel penduduk dan variabel pemakaian dengan MAPE untuk validasi pada tahun pertama sebesar 5,797% dan model dengan variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk dengan MAPE untuk validasi pada tahun pertama sebesar 3,661%. Namun, hanya model dengan variabel pemakaian dan jumlah pelanggan yang kinerja peramalannya konsisten selama tiga tahun, yaitu 3,702% untuk tahun kedua 5,168% untuk tahun ketiga. Oleh karena itu, untuk peramalan bulanan jangka panjang dapat menggunakan model dengan variabel pemakaian dan variabel pelanggan.*

***Kata kunci : Peramalan, PDAM, Jaringan Saraf Tiruan, Pemakaian Air, Backpropagation, Rumah Tangga***

**MID-TERM WATER USAGE FORECASTING FOR  
HOUSEHOLD CATEGORY IN SURABAYA USING  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK: CASE STUDY IN PDAM  
SURYA SEMBADA SURABAYA**

**Student Name** : Yogha Dwi Julianto  
**NRP** : 5212 100 095  
**Department** : Sistem Informasi FTIf-ITS  
**Supervisor I** : Prof. Ir. Arif Djunaidy, M.Sc., Ph.D.  
**Supervisor II** : Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.

**ABSTRACT**

*The amount of PDAM Surya Sembada Surabaya's customers are increasing from year to year, especially from household categories that dominate the water usage. This requires PDAM to produce water more effectively. During 2014, the amount of water that is produced by PDAM Surya Sembada Surabaya but didn't reach their customers are 27% which caused losses to the company. In addition, consideration to take decision about the amount of water produced by PDAM Surya Sembada Surabaya is done throughly without considering the usage in each category. Therefore, PDAM Surya Sembada have to knew the approximate amount of water usage from household category for some period in the future in order to define their strategies and resources needed to produce the water.*

*To illustrate the water usage of household categories for some period in the future, this final project forecasts the water usage in PDAM Surya Sembada Surabaya from household categories using Artificial Neural Network Backpropagation type. To do the forecasting, this final project use some variable that affect the water usage of household category like the population of Surabaya and the amount of customers in household categories. Data that used in this forecasting is monthly data for 15 years, starting from*

*2001 to 2015. before forecasting, conducted experiments to find the best model with the certain structure and amount of parameters so it has the lowest MAPE rate.*

*The experiment resulting four models with the best performances for each combination of variables. These models are model with only water usage variable with MAPE for the validation phase in first year is 4.965%, a model with water usage and customers variable with MAPE for the validation pahse in first year is 3,255%, a model with water usage and population variable with MAPE for the validation pahse in first year is 5,797% and a model with water usage,customers and population variable with MAPE for the validation pahse in first year is 3,661%. However, only models with water usage and customers variables that the performance of forecasting is consistent for 3 years, with 3,702% MAPE for second year and 5,168% for third year. Therefore, this model can be used to forecast long-term monthly water usage.*

***Kata kunci : Forecasting, PDAM, Artificial Neural Network (ANN), Water Usage, Backpropagation, Household***



## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah atas karunia, rahmat, barakah, dan jalan yang telah diberikan Allah SWT selama ini sehingga penulis mendapatkan kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul :

### **PERAMALAN JANGKA MENENGAH PEMAKAIAN AIR BERSIH UNTUK KATEGORI RUMAH TANGGA DI WILAYAH SURABAYA MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN : STUDI KASUS DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA**

yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam pengerjaan tugas akhir yang berlangsung selama sembilan bulan, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang senantiasa terlibat secara langsung memberikan bantuan dan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini :

- Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kemudahan, kelancaran dan kesempatan untuk penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Kedua orang tua dan kakak yang selalu hadir senantiasa mendoakan dan memberikan kasih sayang serta semangat tiada henti untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Bapak Dr. Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom, selaku Ketua Jurusan Sistem Informasi ITS, yang telah menyediakan fasilitas terbaik untuk kebutuhan penelitian mahasiswa.
- Bapak Prof. Ir. Arif Djunaidy, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, dan mendukung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

- Bapak Dr.Eng. Febriliyan Samopa, S.Kom., M.Kom. selaku dosen wali yang telah memberikan arahan terkait perkuliahan di Jurusan Sistem Informasi.
- Seluruh civitas akademika Jurusan Sistem Informasi, FTIf ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama 7 semester ini.
- Teman-teman seperjuangan Ari, Rafika, Eka, Adi, Yukita, Yogi, Ulvi, Luqman, Fadly, Afifa, kabinet HMSI Revolution, teman-teman KWU HMSI, anggota laboratorium RDIB dan SOLA12IS, yang terus membantu dan memberikan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan memiliki banyak kekurangan di dalamnya. Dan oleh karena itu, penulis meminta maaf atas segala kesalahan yang dibuat penulis dalam buku Tugas Akhir ini. Penulis membuka pintu selebar-lebarnya bagi pihak yang ingin memberikan kritik dan saran, dan penelitian selanjutnya yang ingin menyempurnakan karya dari Tugas Akhir ini. Semoga buku Tugas Akhir ini bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Surabaya, 24 Juli 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	6
1.3. Batasan Tugas Akhir.....	6
1.4. Tujuan Tugas Akhir .....	6
1.5. Manfaat Tugas Akhir .....	7
1.6. Relevansi Tugas Akhir.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	9
2.1. Tinjauan Pustaka.....	9
2.2. Dasar Teori .....	11
2.1.1. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.....	11
2.1.2. Peramalan.....	13
2.1.3. Interpolasi dan Ekstrapolasi .....	14
2.1.4. Uji Korelasi .....	15
2.1.5. Jaringan Saraf Tiruan .....	16
2.1.6. Perhitungan Error .....	26

BAB III	METODOLOGI	PENGERJAAN TUGAS AKHIR	29
3.1.	Diagram Metodologi		29
3.2.	Uraian Metodologi		30
3.2.1.	Identifikasi Permasalahan		30
3.2.2.	Studi Literatur		30
3.2.3.	Menentukan Metode Tugas Akhir		31
3.2.4.	Pengumpulan Data dan Wawancara		31
3.2.5.	Proses Peramalan menggunakan metode <i>Jaringan Saraf Tiruan</i>		32
3.2.6.	Analisis Hasil dan Penarikan Kesimpulan		33
3.2.7.	Penyusunan Laporan Tugas Akhir		34
BAB IV	PERANCANGAN		35
4.1.	Pengumpulan Data		35
4.1.1.	Data Masukan		35
4.1.2.	Persiapan Data		35
4.2.	Pembuatan Model		38
4.2.1.	Struktur Model Neural Network		38
4.2.2.	Parameter Model <i>Neural Network</i>		42
BAB V	IMPLEMENTASI		45
5.1.	Penentuan Data Masukan		45
5.2.	Pembentukan Model dengan Matlab		46
5.2.1.	Pengaturan Parameter Model		47
5.3.	Pelatihan Model		48
5.4.	Simulasi Pelatihan		48

5.5. Simulasi Pengujian.....	49
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>51</b>
6.1. Lingkungan Uji Coba.....	51
6.2. Hasil Interpolasi dan Ekstrapolasi .....	52
6.3. Hasil Uji Korelasi .....	53
6.4. Pemilihan Model Neural Network .....	54
6.4.1. Jumlah <i>Node</i> pada Lapisan Masukan .....	54
6.4.2. Jumlah <i>Node</i> pada Lapisan Tersembunyi.....	65
6.4.3. Jenis Fungsi Aktivasi .....	75
6.4.4. Inisiasi Awal Laju Pembelajaran.....	77
6.4.5. Momentum .....	86
6.4.6. Kesimpulan Hasil Percobaan .....	95
6.5. Validasi Model.....	98
6.5.4. Analisis Hasil Validasi.....	102
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>105</b>
7.1. Kesimpulan .....	105
7.2. Saran .....	106
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>107</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>113</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>A-1</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>B-1</b>
<b>LAMPIRAN C .....</b>	<b>C-1</b>
<b>LAMPIRAN D .....</b>	<b>D-1</b>
<b>LAMPIRAN E.....</b>	<b>E-1</b>



LAMPIRAN F .....	F-1
LAMPIRAN G .....	G-1
LAMPIRAN H .....	H-1
LAMPIRAN I.....	I-1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur ANN .....	17
Gambar 2.2 Lapisan pada ANN .....	18
Gambar 2.3 Topologi Backpropagation .....	22
Gambar 3.1 Metodologi Tugas Akhir .....	29
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Penduduk Kota Surabaya dalam Tahun .....	36
Gambar 4.2 Struktur Model Neural Network 1 .....	40
Gambar 4.3 Struktur Model Neural Network 2 .....	40
Gambar 4.4 Struktur Model Neural Network 3 .....	41
Gambar 5.1 Pembagian Data .....	45
Gambar 6.1 Jumlah Penduduk Tahunan .....	52
Gambar 6.2 Interpolasi Data Penduduk .....	53
Gambar 6.3 Ektrapolasi Data Penduduk .....	53
Gambar 6.4 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 1 .....	56
Gambar 6.5 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 2 Pemakaian- Pelanggan .....	58
Gambar 6.6 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 2 Pelanggan- Pemakaian .....	58
Gambar 6.7 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 2 Pemakaian- Penduduk .....	59
Gambar 6.8 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 2 Penduduk- Pemakaian .....	59
Gambar 6.9 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 3 Pemakaian- Pelanggan-Penduduk .....	62

Gambar 6.10 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 3 Pemakaian-Penduduk-Pelanggan .....	62
Gambar 6.11 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk .....	63
Gambar 6.12 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 3 Pelanggan-Penduduk-Pemakaian .....	63
Gambar 6.13 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan .....	64
Gambar 6.14 Hasil Uji <i>Node</i> Masukan Model 3 Penduduk-Pelanggan-Pemakaian.....	64
Gambar 6.15 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 1 .....	66
Gambar 6.16 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 2 Pemakaian-Pelanggan .....	68
Gambar 6.17 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 2 Pelanggan-Pemakaian.....	69
Gambar 6.18 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 2 Pemakaian-Penduduk.....	69
Gambar 6.19 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 2 Penduduk-Pemakaian.....	70
Gambar 6.20 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 3 Pemakaian - Pelanggan- Penduduk .....	72
Gambar 6.21 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 3 Pemakaian-Penduduk-Pelanggan .....	73
Gambar 6.22 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk .....	73
Gambar 6.23 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 3 Pelanggan-Penduduk-Pemakaian .....	74

Gambar 6.24 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan .....	74
Gambar 6.25 Hasil Uji <i>Node</i> Tersembunyi Model 3 Penduduk-Pelanggan-Pemakaian .....	75
Gambar 6.26 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 1 .....	78
Gambar 6.27 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2 Pemakaian-Pelanggan .....	80
Gambar 6.28 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2 Pelanggan-Pemakaian .....	80
Gambar 6.29 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2 Pemakaian-Penduduk .....	81
Gambar 6.30 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2 Penduduk-Pemakaian .....	81
Gambar 6.31 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Pemakaian-Pelanggan-Penduduk .....	83
Gambar 6.32 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Pemakaian-Penduduk-Pelanggan .....	84
Gambar 6.33 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk .....	84
Gambar 6.34 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Penduduk- Pemakaian -Pelanggan .....	85
Gambar 6.35 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan .....	85
Gambar 6.36 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Penduduk-Pelanggan-Pemakaian .....	86
Gambar 6.37 Hasil Uji Momentum Model 1.....	87

Gambar 6.38 Hasil Uji Momentum Model 2 Pemakaian-Pelanggan .....	88
Gambar 6.39 Hasil Uji Momentum Model 2 Pelanggan-Pemakaian .....	89
Gambar 6.40 Hasil Uji Momentum Model 2 Pemakaian-Penduduk .....	89
Gambar 6.41 Hasil Uji Momentum Model 2 Penduduk-Pemakaian .....	90
Gambar 6.42 Hasil Uji Momentum Model 3 Pemakaian-Pelanggan-Penduduk .....	92
Gambar 6.43 Hasil Uji Momentum Model 3 Pemakaian-Pelanggan-Penduduk .....	92
Gambar 6.44 Hasil Uji Momentum Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk .....	93
Gambar 6.45 Hasil Uji Momentum Model 3 Pelanggan-Penduduk-Pemakaian.....	93
Gambar 6.46 Hasil Uji Momentum Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan .....	94
Gambar 6.47 Hasil Uji Momentum Model 3 penduduk-Pelanggan-Pemakaian.....	94
Gambar 6.48 Hasil Validasi Model Tahun 2013.....	99
Gambar 6.49 Hasil Validasi Model Tahun 2014.....	100
Gambar 6.50 Hasil Validasi Model Tahun 2015.....	102



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interval Nilai Korelasi Pearson .....	16
Tabel 4.1 Fungsi Data Pelatihan, Pengujian dan Validasi.....	37
Tabel 6.1 Spesifikasi Perangkat Keras yang Digunakan.....	51
Tabel 6.2 Perangkat Lunak yang Digunakan .....	51
Tabel 6.3 <i>Node</i> pada Lapisan Masukan.....	55
Tabel 6.4 Jumlah <i>Node</i> Lapisan Tersembunyi Setiap Model.....	65
Tabel 6.5 Hasil Uji Coba Fungsi Aktivasi.....	76
Tabel 6.6 Parameter Terbaik Model.....	96
Tabel 6.7 Nilai MAPE Validasi Model Tahun 2013.....	99
Tabel 6.8 Nilai MAPE Validasi Model Tahun 2014.....	100
Tabel 6.9 Nilai MAPE Validasi Model Tahun 2015.....	102

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Dalam bab pendahuluan ini akan menjelaskan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, dan manfaat kegiatan tugas akhir. Berdasarkan uraian pada bab ini, diharapkan mampu memberi gambaran umum permasalahan dan pemecahan masalah pada tugas akhir.

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Air merupakan senyawa kimia yang sangat vital bagi kelangsungan hidup manusia secara berkelanjutan [1]. Tidak hanya untuk dikonsumsi, air bersih juga memiliki peranan yang besar dalam berbagai aktivitas yang dilakukan sehari-hari. Hal ini membuat air menjadi sebuah sumber daya yang tidak dapat digantikan dan memiliki peran penting dalam perkembangan sosial dan ekonomi [2]. Oleh karena itu manusia perlu memenuhi kebutuhan air bersih untuk berbagai kebutuhan. Di Indonesia, seluruh air yang ada di wilayah Indonesia dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat [3]. Seperti yang terdapat pada Pasal 33 ayat (3) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 bahwa perlu adanya pasokan air bersih yang mampu menjangkau masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya pihak yang mampu mengelola air bersih dan mendistribusikannya kepada masyarakat. Salah satu perusahaan di Indonesia yang memiliki tugas dalam mengelola dan mendistribusikan air bersih tersebut untuk masyarakat adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

Perusahaan Daerah Air Minum atau PDAM merupakan salah satu unit usaha milik daerah yang bergerak dalam bidang pengelolaan dan distribusi air bersih bagi masyarakat umum. Perusahaan ini berbentuk Badan Hukum yang dapat mengurus kepentingannya sendiri, ke luar dan ke dalam terlepas dari Organisasi Pemerintah Daerah [3]. Di setiap daerahnya, PDAM memiliki wewenang

sendiri dalam membuat kebijakan yang disesuaikan dengan kondisi daerah tersebut. Salah satunya, PDAM Surya Sembada Surabaya yang bertanggung jawab dalam pengelolaan dan distribusi air bersih untuk masyarakat Surabaya. PDAM Surya Sembada Surabaya memberikan pelayanan kepada masyarakat tidak hanya terbatas pada daerah administratif Kota Surabaya, melainkan juga masyarakat daerah Kabupaten Pasuruan, Sidoarjo, dan Gresik [4]. Air bersih yang dikelola oleh PDAM Surya Sembada Surabaya diantaranya adalah untuk sosial umum, sosial khusus, rumah tangga, instansi pemerintah, niaga kecil, niaga besar, industri kecil, industri besar, dan sebagainya [5]. Hingga tahun 2015, total pelanggan dari PDAM Surya Sembada Surabaya mencapai 537.121 dan mampu memenuhi kebutuhan air bersih dari 92,70% penduduk kota Surabaya [6].

Selama tahun 2014, jumlah konsumsi air di Surabaya mencapai 180 liter per hari atau 214.000.000 m<sup>3</sup> dalam setahun [7]. Meski mengalami penurunan, namun rata-rata pemakaian dalam sepuluh tahun terakhir mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya tahun, pemakaian air bersih PDAM Surya Sembada Surabaya cenderung meningkat. Peningkatan ini salah satunya dipengaruhi oleh jumlah penduduk Kota Surabaya yang juga semakin meningkat. Pada tahun 2014, jumlah penduduk yang berhasil dihitung oleh Badan Pusat Statistik mencapai 2.853.661 orang [8]. Meskipun menurun dari tahun 2013 yang berjumlah 3.200.454 orang, namun tren selama 14 tahun terakhir menunjukkan jumlah penduduk Surabaya cenderung meningkat. Peningkatan jumlah penduduk ini memiliki pengaruh terhadap jumlah pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya setiap tahun karena mayoritas dari pelanggannya termasuk ke dalam kategori rumah tangga. Pada tahun 2014, jumlah pelanggan kategori rumah tangga mencapai 483.875 atau 81% dari 526.688 total pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya. Selain itu, pelanggan kategori rumah tangga memiliki tingkat pemakaian air bersih yang lebih banyak dibandingkan dengan kategori lain.

Pemakaian air pada tahun 2014 untuk kategori rumah tangga mencapai 161.522.000 m<sup>3</sup> dari 214.000.000 m<sup>3</sup> total pemakaian air bersih. Dengan adanya peningkatan pemakaian, khususnya dalam kategori rumah tangga, PDAM Surya Sembada Surabaya memiliki tanggung jawab dalam memastikan seluruh pelanggannya mendapatkan air bersih yang diproduksi.

Pada tahun 2014 PDAM Surya Sembada Surabaya melakukan produksi air bersih sebanyak 294.492.884 m<sup>3</sup>. Apabila dibandingkan dengan pemakaian air bersih pada tahun yang sama yang mencapai 214.000.000 m<sup>3</sup>, maka terdapat sekitar 27% air yang diproduksi namun tidak digunakan dengan semestinya, sehingga menimbulkan kerugian bagi PDAM Surya Sembada Surabaya. Oleh karena itu, produksi yang dilakukan PDAM Surya Sembada Surabaya harus seefektif mungkin. Apabila jumlah air yang diproduksi dan didistribusikan lebih besar daripada permintaan air, maka menunjukkan tidak efektifnya produksi dari sudut pandang perusahaan yang berujung pada kerugian. Sedangkan apabila jumlah air yang diproduksi dan disalurkan lebih sedikit atau tidak memenuhi kebutuhan konsumen, maka akan terjadi kekurangan air pada sisi konsumen yang berujung pada ketidakpuasan konsumen dan menunjukkan rendahnya produktivitas dari sisi perusahaan [1]. Selain itu, pengambilan keputusan mengenai berapa jumlah air yang harus diproduksi selama ini mempertimbangkan pemakaian air bersih pada seluruh kategori pelanggan. Padahal, baik jumlah pelanggan maupun jumlah pemakaian air bersih mayoritas berasal dari kategori rumah tangga. Perlu adanya pertimbangan dari setiap kategori, khususnya dari kategori rumah tangga, dalam menetapkan berapa jumlah air yang harus diproduksi.

Untuk membantu proses pengambilan keputusan mengenai berapa jumlah air bersih yang harus diproduksi dan didistribusikan serta keputusan-keputusan lain yang mendukung produksi, perlu adanya peramalan mengenai jumlah pemakaian air bersih dalam suatu

periode. Peramalan ini memiliki peranan penting dalam menyeimbangkan *supply* dan *demand* air bersih, yang juga merupakan kunci dari perencanaan kota [9]. Peramalan pemakaian air bersih terdiri dari tiga jenis, yaitu peramalan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Peramalan jangka pendek menghasilkan peramalan yang jangkanya kurang dari 48 jam dan berfungsi untuk simulasi *real time* yang mendukung kebutuhan operasional serta untuk satuannya mingguan atau yang lebih kecil. Peramalan jangka panjang menghasilkan peramalan yang jangkanya lebih dari 6 bulan dan berfungsi untuk perencanaan sumber air serta perencanaan dan tata kota. Peramalan ini rata-rata menggunakan data yang satuannya lebih besar dari bulanan, seperti tahunan. Sedangkan peramalan jangka menengah menghasilkan peramalan yang jangkanya antara 1-6 bulan dan berfungsi untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa yang akan datang dan menyeimbangkan antara pemakaian air dengan jumlah produksi yang harus dilakukan. Peramalan ini rata-rata menggunakan data yang satuannya mingguan atau bulanan [10] [11].

Penelitian mengenai peramalan pemakaian air bersih telah dilakukan sebelumnya oleh Dwi Listya Nurina dan Irhamah. Pada penelitiannya dilakukan peramalan pemakaian air di PDAM Gresik untuk sektor Rumah Tangga dengan memperhatikan jumlah pelanggan pada sektor tersebut menggunakan Fungsi Transfer dan metode ARIMA [5]. Penelitian lain dilakukan oleh Yudha Tirto Pramonoaji, Stefanus Santosa, dan Ricardus Anggi Pramunendar. Pada penelitian tersebut dilakukan peramalan produksi air bulanan yang harus dilakukan PDAM Semarang dengan mempertimbangkan beberapa variabel menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) [1]. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Xiagnan Zhou, Shouping Zhang, Xinmin Xie, Mingxiang Yang, Yanjie Bi, dan Liqin Li. Pada penelitian tersebut ditemukan faktor-faktor yang berpengaruh besar terhadap pemakaian air bersih pada kota Shenyang, Cina [2]. Penelitian mengenai peramalan air juga dilakukan oleh Ajbar AbdelHamid



dan M. Ali Emadadeen yang meramalkan permintaan air di kota Mekkah, Saudi Arabia dengan menghasilkan dua model, yaitu bulanan jangka pendek dan bulanan untuk jangka panjang [12]. Terakhir, penelitian tentang peramalan pemakaian air dilakukan oleh D. Kofinas, N. Mellios, E. Papageorgiou, dan C. Laspidou. Penelitian mereka membandingkan hasil peramalan dengan menggunakan beberapa metode, dan didapatkan bahwa metode ANN memiliki hasil yang lebih baik daripada metode lain [13].

*Jaringan Saraf Tiruan* merupakan sebuah metode pengolahan data yang struktur dan fungsinya menyerupai otak manusia. Metode ANN telah banyak digunakan dalam pengenalan pola, pengolahan gambar, peramalan, pengolahan sinyal, optimasi yang terkomputerisasi, system pakar, kecerdasan buatan, dan sebagainya. Metode ini sering digunakan dalam peramalan *time series* karena kemampuannya dalam mengatasi bentuk *linear* dan *nonlinear* dari permasalahan yang riil [13]. Metode ini sering digunakan dalam melakukan peramalan, karena mampu menghasilkan model dengan nilai *error* yang lebih rendah dibandingkan dengan metode lain, seperti ARIMA dan Holt-Winter [13].

Untuk itu, dalam tugas akhir ini diusulkan mengenai peramalan jangka menengah (*mid-term forecasting*) pemakaian air bersih untuk kategori rumah tangga dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan yang terawasi (*supervised*). Peramalan yang terawasi cocok untuk digunakan dalam peramalan karena memiliki target sebagai acuan untuk luaran model. Peramalan ini mempertimbangkan beberapa variabel yang dirasa berpengaruh terhadap pemakaian air kedepannya, yaitu jumlah penduduk, jumlah pemakaian air pada periode sebelumnya dan jumlah pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya. Peramalan ini bertujuan untuk mengetahui pemakaian air pada pada kategori rumah tangga di periode berikutnya sehingga dapat membantu pihak PDAM Surya Sembada Surabaya dalam menyeimbangkan

produksi dan pemakaian air serta menentukan sumber daya yang dibutuhkan terkait produksi air bersih yang harus dilakukan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang diangkat pada tugas akhir ini adalah:

- a. Kombinasi variabel seperti apa yang digunakan dalam membuat model peramalan pemakaian air bersih kategori rumah tangga yang paling baik?
- b. Model dengan struktur dan parameter seperti apakah yang cocok untuk digunakan dalam peramalan pemakaian air bersih pada kategori rumah tangga?

## **1.3. Batasan Tugas Akhir**

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

- a. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data jumlah pelanggan dan pemakaian air pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya untuk kategori rumah tangga, jumlah penduduk di Kota Surabaya.
- b. Data yang digunakan merupakan data yang dicatat selama tahun 2001-2015
- c. Cakupan Tugas Akhir adalah pemakaian air untuk kategori rumah tangga di Kota Surabaya
- d. Peramalan pemakaian air pada wilayah Kota Surabaya dilakukan dengan menggunakan metode *Jaringan Saraf Tiruan*

## **1.4. Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk membangun dan menganalisis model *Jaringan Saraf Tiruan* dalam melakukan peramalan jangka menengah pemakaian air bersih pelanggan

PDAM Surya Sembada Surabaya pada kategori rumah tangga di wilayah Kota Surabaya.

### **1.5. Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat yang diberikan dengan adanya tugas akhir ini adalah untuk memberikan gambaran kepada PDAM Surya Sembada Surabaya mengenai pemakaian air bersih pada kategori rumah tangga di wilayah Surabaya selama beberapa periode kedepan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan produksi air bersih.

### **1.6. Relevansi Tugas Akhir**

Hasil dari tugas akhir ini difokuskan kepada peramalan pemakaian air bersih berdasarkan beberapa variabel dalam beberapa periode berikutnya dengan menggunakan metode *Jaringan Saraf Tiruan*. Tugas akhir ini termasuk dalam topik yang terdapat dalam laboratorium Rekayasa Data dan Intelegensi Bisnis di jurusan Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya karena merupakan penerapan dari beberapa mata kuliah diantaranya Teknik Peramalan, Sistem Pendukung Keputusan, dan Sistem Cerdas.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Pada bagian tinjauan pustaka ini, akan dijelaskan mengenai referensi-referensi yang terkait dalam penyusunan tugas akhir ini.

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Ada beberapa referensi yang digunakan sebagai tinjauan pustaka dalam tugas akhir ini. Yang pertama adalah penelitian dari Ajbar AbdelHamid dan M. Ali Emadadeen (2013) mengenai “*Prediction of Municipal Water Production in Touristic Mecca City in Saudi Arabia using Neural Networks*”. Pada penelitian ini dilakukan peramalan pemakaian air di kota Mekkah, Saudi Arabia. Pada penelitian ini dilakukan peramalan bulanan untuk beberapa bulan kedepan dan peramalan bulanan yang bisa dilakukan untuk beberapa tahun kedepan, dengan masing-masing variabel berpengaruh yang berbeda-beda. Untuk peramalan bulanan jangka pendek, digunakan variabel bebas jumlah pengunjung dan suhu maksimal bulanan. Untuk peramalan bulanan jangka panjang, digunakan variabel bebas jumlah penduduk, pertumbuhan penduduk, pendapatan rumah tangga, dan jumlah orang di tiap rumah. Peneliti membandingkan hasil peramalan dengan menggunakan dua metode yang berbeda, yaitu model ekonometrik dan Neural Network. Hasilnya, Neural Network menghasilkan peramalan yang lebih akurat dibandingkan dengan model ekonometrik. Namun, ditemukan perilaku pada data yang menyimpang dari pola yang ada. Hal ini dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi pemakaian air namun tidak dapat diketahui datanya. Keterkaitan penelitian ini dengan tugas akhir adalah penerapan data pemakaian air bulanan untuk dilakukan peramalan, menggunakan metode ANN. Penelitian ini memberikan dua model yang bisa diterapkan, yaitu peramalan bulanan jangka pendek dan peramalan bulanan untuk jangka panjang. Beberapa variabel bisa digunakan untuk tugas akhir ini, seperti jumlah penduduk di kota tersebut [12].

Referensi kedua adalah penelitian dari Yudha Tirta Pramonoaji, Stefanus Santosa dan Ricardus Anggi Pramunendar (2013) mengenai “Prediksi Produksi Air PDAM dengan Jaringan Syaraf Tiruan”. Pada penelitian ini dilakukan peramalan produksi air bulanan di PDAM dengan mempertimbangkan beberapa variabel, yaitu jumlah penduduk, jumlah pelanggan berdasarkan masing-masing kategori yang ada, kontribusi daerah sumber, volume distribusi, air terjual, kehilangan air, dan total volume produksi. Penelitian ini menggunakan metode *Jaringan Saraf Tiruan* untuk meramalkan jumlah produksi di masa depan berdasarkan data empat tahun sebelumnya. Model peramalan yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki tingkat akurasi sebesar 95,56%. Namun, percobaan dalam pembuatan model yang dilakukan oleh peneliti hanya menggunakan beberapa nilai dari masing-masing parameter, sehingga memiliki kemungkinan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Keterkaitan penelitian ini dengan tugas akhir adalah penerapan metode *Jaringan Saraf Tiruan* beserta beberapa variabel yang berpengaruh untuk obyek yang sama, yaitu PDAM. Karena penelitian ini dilakukan di Indonesia, maka beberapa variabel bisa diterapkan dalam tugas akhir ini. Namun penelitian masih dilakukan secara umum, tidak fokus pada kategori tertentu [1].

Referensi ketiga adalah penelitian dari Xiagnan Zhou, Shouping Zhang, Xinmin Xie, Mingxiang Yang, Yanjie Bi dan Liqin Li (2014) mengenai “*Application of BP Neural Networks to Water Demand Prediction of Shenyang City Based on Principle Component Analysis*”. Pada penelitian ini dilakukan peramalan pemakaian air di Kota Shenyang, Provinsi Liaoning, China. Metode yang digunakan dalam melakukan peramalan adalah *Jaringan Saraf Tiruan* dengan tipe *Back Propagation*. Sebelum dilakukan peramalan, variabel-variabel yang berpengaruh diolah terlebih dahulu dengan menggunakan *Principle Component Analysis* untuk menghilangkan sebagian besar data dan mengubahnya menjadi beberapa variabel baru yang mampu merepresentasikan data awal. Peneliti menggunakan data pemakaian air selama 11 tahun terakhir untuk pelatihan, mulai dari

tahun 2000 hingga 2011, menggunakan data tahun 2012 dan 2013 untuk pengujian dan meramalkan pemakaian air untuk tahun 2014 dan 2015. Keterkaitan penelitian ini dengan tugas akhir adalah Penerapan metode *Jaringan Saraf Tiruan* tipe *back propagation* pada peramalan pemakaian air bersih, dengan beberapa variabel berpengaruh yang bisa diterapkan pada tugas akhir ini. Namun, penelitian ini menggunakan data tahunan yang jumlahnya sedikit sehingga sulit menghasilkan model yang baik [2].

Referensi keempat adalah penelitian dari Chang Mingqi dan Liu Junping (2009) mengenai “*Water Demand Prediction Model Based on Radial Basis Function Neural Network*”. Pada penelitian ini dilakukan peramalan pemakaian air di Provinsi Shanxi, China. Peramalan yang dilakukan menggunakan metode *Jaringan Saraf Tiruan* dengan tipe *Radial Basis Function*. Pada proses peramalan, digunakan 17 variabel yang berpengaruh dalam pemakaian air bersih. Peneliti menggunakan data pemakaian air selama 11 tahun, dimana data selama 8 tahun digunakan untuk pelatihan dan 3 tahun digunakan untuk pengujian. Keterkaitan penelitian ini dengan tugas akhir adalah Penerapan metode *Jaringan Saraf Tiruan* pada peramalan pemakaian air bersih, dengan beberapa variabel berpengaruh yang bisa diterapkan di tugas akhir ini [14].

## **2.2.Dasar Teori**

### **2.1.1. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya**

#### **2.2.1.1. Profil PDAM Surya Sembada Surabaya**

Berdirinya PDAM Kota Surabaya merupakan peninggalan zaman Belanda, dimana pembentukan sebagai BUMD berdasarkan Peraturan Daerah No. 7 tahun 1976 tanggal 30 Maret 1976. Disahkan dengan Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur, Tanggal 06 Nopember 1976 No. II/155/76. Diundangkan dalam Lembaran Daerah Kotamadya Daerah Tingkat

II Surabaya Tahun 1976 Seri C pada tanggal 23 Nopember 1976 No.4/C.

Berikut Visi dan Misi dari PDAM Surya Sembada Surabaya

a. Visi:

“Tersedianya air minum yang cukup bagi pelanggan melalui perusahaan air minum yang mandiri, berwawasan global, dan terbaik di Indonesia.”

b. Misi:

- 1) Memproduksi dan mendistribusikan air minum bagi pelanggan
- 2) Memberi pelayanan prima bagi pelanggan dan berkelanjutan bagi pemangku kepentingan
- 3) Melakukan usaha lain bagi kemajuan perusahaan dan berpartisipasi aktif dalam kegiatan sosial kemasyarakatan

#### 2.2.1.2. Pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya

Hingga tahun 2015, jumlah pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya mencapai 537.121. Jumlah ini merupakan akumulasi dari jumlah pelanggan-pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya dari setiap kategori, yang terdiri dari:

- a. Perumahan/Rumah Tangga
- b. Pemerintah
- c. Perdagangan
- d. Industri
- e. Sosial Umum
- f. Sosial Khusus
- g. Pelabuhan

Pelayanan air minum kepada masyarakat tidak hanya terbatas pada daerah administratif kota Surabaya saja, melainkan juga masyarakat daerah Kabupaten Pasuruan, Sidoarjo, dan Gresik.

Selain itu, PDAM Kota Surabaya juga mendukung program pemerintah untuk pelayanan air bersih, misalnya untuk:

- a. Perumnas
- b. Program perbaikan kampung (KIP)
- c. Kran umum bantuan UNICEF/Pemerintah Pusat

Untuk masyarakat yang daerahnya belum terjangkau jaringan pipa distribusi, pelayanan dilakukan dengan menggunakan mobil tangki, terminal air, hidran umum dan kran umum.

### **2.1.2. Peramalan**

Peramalan adalah proses memperkirakan nilai di masa yang akan datang dengan menggunakan data yang ada di masa lampau. Data di masa lampau secara sistematis dikombinasikan dan diolah untuk memperkirakan suatu nilai di masa yang akan datang. Tujuan dari peramalan adalah untuk mengambil tindakan pada kondisi terkini untuk menangani suatu kondisi yang telah diperkirakan di masa yang akan datang [15]. Menurut Render dan Heizer, teknik peramalan dibagi menjadi dua, yaitu [16]:

- a. Metode peramalan kualitatif yang menggabungkan faktor-faktor seperti intuisi pengambilan keputusan, emosi, pengalaman pribadi.
- b. Metode peramalan kuantitatif yang menggunakan satu atau lebih model matematis dengan data masa lalu dan variabel sebab akibat untuk meramalkan permintaan. Pada dasarnya metode peramalan kuantitatif dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Model deret waktu/*time series*

Pada model ini, suatu variabel diramalkan berdasarkan nilai variabel itu sendiri di periode sebelumnya

- 2) Model kausal/*explanatory*



Pada model ini, suatu variabel diramalkan berdasarkan nilai dari satu atau lebih variabel lain yang berpengaruh.

Dalam melakukan peramalan terdiri dari beberapa tahapan khususnya jika menggunakan metode kuantitatif [17]. Tahapan tersebut adalah:

- a. Mendefinisikan tujuan dari peramalan
- b. Membuat diagram pencar (*Plot Data*)
- c. Memilih model peramalan yang tepat sesuai dengan plot data
- d. Melakukan peramalan
- e. Menghitung kesalahan ramalan (*forecast error*)
- f. Memilih metode peramalan dengan kesalahan yang terkecil
- g. Melakukan verifikasi peramalan

### 2.1.3. Interpolasi dan Ekstrapolasi

Salah satu metode yang sering digunakan dalam *pre-processing* data adalah interpolasi dan ekstrapolasi. Kedua metode ini digunakan untuk mencari nilai dalam titik-titik tertentu dalam plot data [18]. Interpolasi digunakan untuk mencari nilai diantara dua titik yang telah diketahui nilainya, sedangkan ekstrapolasi digunakan untuk memprediksi suatu nilai di luar interval data berdasarkan pola data yang ada.

Salah satu metode dari interpolasi dan ekstrapolasi adalah interpolasi dan ekstrapolasi linear. Interpolasi linear menghubungkan dua buah titik yang segaris dan mencari nilai diantaranya [18]. Untuk menghitung nilai yang berada di dua titik segaris dapat digunakan persamaan (2.1)

$$f_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad (2.1)$$

Dimana  $f_1(x)$  merupakan nilai yang ingin dicari,  $f(x_0)$  dan  $x_0$  merupakan koordinat titik pertama serta  $f(x_1)$  dan  $x_1$  merupakan koordinat titik kedua.

Ekstrapolasi linear mampu mencari nilai diluar interval data dengan melihat tren linear data [18]. Untuk menghitung nilai tersebut dapat digunakan persamaan (2.2)

$$f(x) = f(x_1) + \frac{x-x_1}{x_2-x_1}(f(x_2) - f(x_0)) \quad (2.2)$$

Dimana  $f(x)$  adalah nilai yang ingin dicari pada titik  $x$ , dengan koordinat titik terdekat dengan titik  $x$  adalah  $(x_1, f(x_1))$  dan  $(x_2, f(x_2))$ .

#### 2.1.4. Uji Korelasi

Banyak hal yang menjadi perhatian dalam akurasi peramalan yang berhubungan dengan data, salah satunya adalah penggunaan banyak variabel bebas yang mampu mempengaruhi variabel terikat dan justifikasinya hanya berdasarkan asumsi [19]. Hal ini dapat berakibat pada digunakannya variabel bebas yang ternyata tidak memiliki pengaruh signifikan atau bahkan mengganggu proses peramalan. Untuk mengatasi hal ini, perlu adanya korelasi antar variabel yang sempurna atau mendekati sempurna.

Untuk mengukur besarnya kekuatan hubungan antara variabel bebas dan terikat dapat dihitung dengan menggunakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi yang digunakan untuk menjelaskan kekuatan hubungan antar variabel salah satunya adaah koefisien korelasi Pearson. Koefisien korelasi Pearson dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3) :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \quad (2.3)$$

Dimana  $r$  merupakan koefisien korelasi Pearson,  $X$  merupakan variabel bebas,  $Y$  merupakan variabel terikat, dan  $n$  merupakan banyaknya observasi yang dilakukan.

Nilai Koefisien korelasi dapat bernilai positif atau negatif yang kisarannya diantara -1 hingga +1. Nilai positif menggambarkan

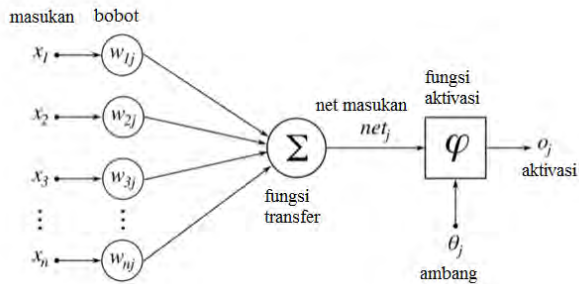
variabel saling berbanding lurus, sedangkan nilai negatif melambangkan variabel berbanding terbalik. Tabel 2.1 menunjukkan interval nilai yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan dari koefisien korelasi antar variabel pada Pearson [20].

**Tabel 2.1 Interval Nilai Korelasi Pearson**

<b>Interval Nilai</b>	<b>Kekuatan Hubungan</b>
0.00-0.19	Sangat Lemah
0.20-0.39	Lemah
0.40-0.59	Biasa
0.60-0.79	Kuat
0.8-1.00	Sangat Kuat

### **2.1.5. Jaringan Saraf Tiruan**

Jaringan Saraf Tiruan atau *Artificial Neural Network (ANN)* merupakan sistem pengolah informasi yang memiliki struktur dan fungsi menyerupai jaringan syaraf manusia. ANN memiliki kemampuan untuk mengolah informasi secara parallel dan mempelajarinya [14]. Gambar 2.1 merupakan struktur dari ANN. Struktur ANN terdiri dari tiga, yaitu masukan (*input*), luaran (*output*), dan fungsi aktivasi. Baik luaran masukan maupun luaran memiliki *node* yang merepresentasikan komponen data yang ingin diketahui.



**Gambar 2.1 Struktur ANN**

Dalam melakukan proses pengolahan informasi, ANN menggunakan berbagai *node* yang ada pada lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan luaran. Gambar 2.2 merupakan lapisan yang ada pada ANN. Fungsi dari masing-masing lapisan tersebut adalah:

a. Lapisan masukan (*input layer*)

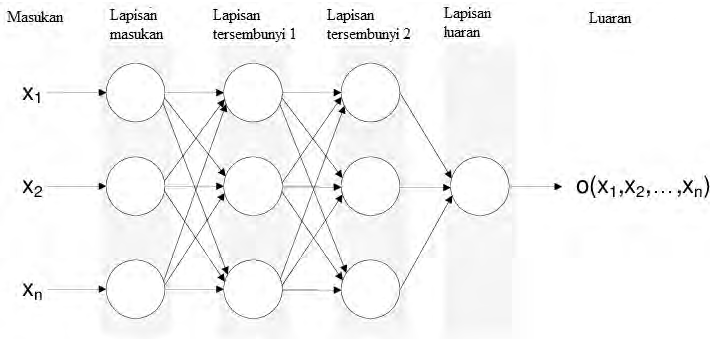
Merupakan lapisan yang menjadi penghubung antara data dengan jaringan ANN. Jumlah *node* yang ada pada lapisan masukan merepresentasikan variabel-variabel yang digunakan dalam pelatihan.

b. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*)

Merupakan lapisan yang menghubungkan antara lapisan masukan dengan lapisan luaran. Lapisan ini menerima nilai masukan beserta bobot dari penghubung pada lapisan masukan. Suatu ANN dapat memiliki satu atau lebih lapisan tersembunyi, atau bahkan tidak memiliki sama sekali.

c. Lapisan luaran (*output layer*)

Merupakan lapisan yang berupa hasil dari proses pengolahan informasi. Lapisan ini menerima nilai dari layer sebelumnya beserta bobot yang menghubungkan keduanya.



**Gambar 2.2 Lapisan pada ANN**

### 2.2.1.3. Metode Pembelajaran

Untuk melakukan pembelajaran pada ANN, ada dua metode yang bisa dilakukan, yaitu metode pembelajaran terawasi (*Supervised Learning*) dan metode pembelajaran tidak terawasi (*Unsupervised Learning*).

a. Metode Pembelajaran Terawasi (*Supervised Learning*)

Metode ini digunakan jika luaran dari pelatihan yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Biasanya, pembelajaran dilakukan dengan data untuk luaran yang telah tersedia. Dengan tersedianya data luaran, maka ANN dapat mempelajari hubungan antara masukan dengan luaran.

b. Metode Pembelajaran Tidak Terawasi (*Unsupervised Learning*)

Metode ini hanya melakukan pembelajaran terhadap masukan, sehingga ANN hanya bisa mempelajari hubungan diantara

masukan-masukan tersebut. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengelompokkan unit-unit tertentu yang hampir sama dalam suatu area tertentu.

#### 2.2.1.4. Fungsi Aktivasi

Seluruh *node* pada model *neural network* antar lapisan terhubung satu sama lain dan memiliki bobot yang biasanya bernilai acak. Ketika sebuah masukan dalam *node* diolah, maka masukan tersebut akan dikali dengan bobot yang terhubung dengannya. Fungsi aktivasi berperan dalam menetapkan nilai luaran dari *node* dari berdasarkan *node* pada lapisan sebelumnya [21]. Beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan diantaranya:

##### a. Fungsi undak biner

Fungsi ini sering digunakan pada jaringan yang memiliki lapisan tersembunyi tunggal untuk mengubah masukan yang bernilai kontinyu ke suatu luaran biner (0 atau 1).

##### b. Fungsi bipolar

Fungsi ini mirip dengan fungsi undak biner, namun luaran yang dihasilkan memiliki hasil antara 1 atau -1

##### c. Fungsi linear

Fungsi ini menghasilkan nilai luaran yang jangkauannya sama dengan nilai masukannya

##### d. Fungsi sigmoid

Fungsi ini sering digunakan pada ANN dengan tipe *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada jangkauan antara 0 hingga 1. Untuk menghitung fungsi aktivasi ini digunakan persamaan (2.4):

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.4)$$

Dimana  $f(x)$  merupakan fungsi untuk luaran dan  $x$  merupakan masukan untuk fungsi aktivasi tersebut.

e. Fungsi *hyperbolic tangent*

Fungsi ini hampir sama dengan sigmoid biner, namun luaran dari fungsi ini memiliki jangkauan antara 1 hingga -1. Untuk menghitung fungsi aktivasi ini digunakan persamaan (2.5):

$$f(x) = \frac{2}{1+e^{-2x}} - 1 \quad (2.5)$$

### 2.2.1.5. Laju Pembelajaran

Laju Pembelajaran (*learning rate*) merupakan salah satu parameter dalam ANN yang memiliki pengaruh terhadap intensitas proses pelatihan serta efektivitas dan kecepatan model untuk mencapai konvergensi dari pelatihan [22]. Nilai optimum dari laju pembelajaran bergantung pada permasalahan yang ingin diselesaikan, tidak ada nilai pasti untuk jenis permasalahan tertentu. Semakin kecil nilai laju pembelajaran, maka penurunan gradient pelatihan akan berjalan dengan baik namun berakibat pada semakin bertambahnya jumlah iterasi pelatihan [23]. Nilai dari laju pembelajaran dipilih mulai dari 0.001 hingga 1.

### 2.2.1.6. Momentum

Momentum merupakan sebuah parameter yang mampu mempercepat proses untuk mencapai *error* terendah. Momentum berguna untuk mengabaikan *local minima*, sebuah kondisi dimana ketika pelatihan berlangsung terdapat tanjakan dan turunan dari fungsi *error* yang mampu memperlambat proses pembelajaran [24].

Ketika digunakan momentum, maka nilai bobot akan diperbarui sesuai dengan persamaan (2.6):

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j + m \Delta W_{jk}(t - 1) \quad (2.6)$$

Dimana  $\Delta W_{jk}$  merupakan selisih antara  $W_{jk}$  saat  $t$  dengan  $W_{jk}$  saat  $t+1$ ,  $\alpha$  merupakan konstanta laju pelatihan (*learning rate*) dengan

nilai  $0 < \alpha < 1$ , dan  $m$  merupakan nilai momentum dengan nilai  $0 < m < 1$ .

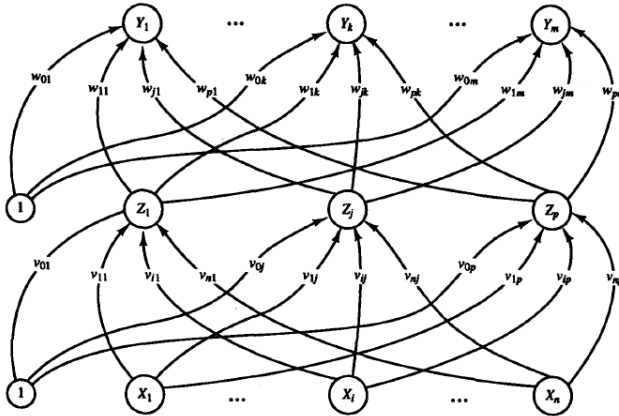
#### 2.2.1.7. Epoch

*Epoch* merupakan iterasi atau pembaruan bobot yang dilakukan dalam suatu pelatihan neural network. Dalam setiap *Epoch*, sebuah *neural network* membangun model dengan bobot yang berbeda-beda [25]. Pembelajaran dari *neural network* sendiri melihat dari seluruh model tersebut manakah yang performanya baik. Dalam *backpropagation*,

#### 2.2.1.8. Back Propagation Neural Network

*Back Propagation Neural Network* (BPNN) merupakan tipe dari ANN yang paling umum dan telah digunakan dalam berbagai penelitian [2]. Tipe *multilayer* dari ANN mampu mengolah fungsi yang lebih luas daripada tipe *single layer*. Namun, masih ada permasalahan dalam menentukan kombinasi bobot (*weight*) yang terus berubah ketika mempertimbangkan variabel yang lebih banyak dan topologi yang lebih rumit. Salah satu kelebihan dari BPNN adalah tipe ini mampu mencari nilai *error* yang paling optimal dengan berbagai kombinasi bobot [26]. BPNN memiliki tiga lapisan, yaitu sebuah lapisan untuk masukan (*input layer*), sebuah lapisan tersembunyi untuk mengolah data (*hidden layer*), dan sebuah lapisan untuk luaran (*output layer*).





**Gambar 2.3 Topologi Backpropagation**

Proses BPNN terdiri dari tiga tahapan, yaitu [2] :

a. Tahap Pembelajaran (Learning Step)

Tahap pembelajaran ini merupakan langkah untuk melatih suatu jaringan syaraf tiruan, yaitu dengan cara melakukan perubahan bobot yang menghubungkan antar lapisan yang membentuk jaringan syaraf tiruan. Algoritma pembelajaran BPNN terdiri dari dua tahapan, yaitu *feed forward* dan *backpropagation* dari *error* yang muncul. Berikut tahapan dalam tahap pembelajaran BPNN [22]:

1) Tahap Awal

a) Tahap 0

Pemberian inialisasi bobot (*weight*) secara acak

b) Tahap 1

Pengulangan tahap 2 hingga tahap 9 hingga kondisi akhir iterasi terpenuhi

c) Tahap 2

Untuk masing-masing data pelatihan lakukan tahap 3 hingga tahap 8

2) Feedforward

a) Tahap 3

Masing-masing *node* masukan (*input*) menerima sinyal masukan  $X_i$  dan menyebarkan sinyal tersebut ke *node* bagian berikutnya, yaitu *node* pada *hidden layer*.

b) Tahap 4

Masing-masing *node* pada *hidden layer* dikalikan dengan bobot (*weight*) dan dijumlahkan serta ditambah dengan biasnya sesuai dengan persamaan (2.7)

$$Z\_in_j = V_{0j} + \sum_{i=1}^n X_i V_{ij} \quad (2.7)$$

Dengan  $Z\_in_j$  merupakan nilai luaran untuk *node*  $Z_j$ ,  $V_{0j}$  sebagai bobot (*weight*) pada bias untuk *node*  $Z_j$ ,  $X_i$  sebagai *node* ke-i pada lapisan masukan (*input layer*), dan  $V_{ij}$  sebagai nilai bobot (*weight*) pada *node*  $X_i$  (pada *input layer*) dengan *node*  $Z_j$  (pada *hidden layer*).

Setelah ditemukan nilai  $Z\_in_j$ , langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *node* pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) berdasarkan fungsi aktivasi yang digunakan, sesuai dengan persamaan (2.8)

$$Z_j = f(Z\_in_j) \quad (2.8)$$

Dengan  $Z_j$  adalah nilai pada *node* ke-j dan  $f(Z\_in_j)$  merupakan fungsi aktivasi dari  $Z\_in_j$ .

Sinyal keluaran dari fungsi aktivasi tersebut dikirim menuju *node* pada lapisan luaran (*output layer*).

## c) Tahap 5

Masing-masing *node* pada *output layer* dikalikan dengan bobot (*weight*) dan dijumlahkan serta ditambahkan dengan biasnya seperti pada persamaan (2.9)

$$Y\_in_k = W_{0k} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk} \quad (2.9)$$

Dengan  $Y\_in_k$  merupakan nilai luaran untuk *node*  $Y_k$ ,  $W_{0k}$  sebagai bobot (*weight*) pada bias untuk *node*  $Y_k$ ,  $Z_j$  sebagai *node* ke-j pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan  $W_{jk}$  sebagai nilai bobot (*weight*) pada *node*  $Z_j$  (pada *hidden layer*) dengan *node*  $Y_k$  (pada *output layer*).

Setelah ditemukan nilai  $Y\_in_k$ , langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *node* pada lapisan luaran (*output layer*) berdasarkan fungsi aktivasi yang digunakan, sesuai dengan persamaan (2.10)

$$Y_k = f(Y\_in_k) \quad (2.10)$$

## 3) Backpropagation

## a) Tahap 6

Masing-masing *node* pada lapisan luaran (*output layer*) menerima pola target sesuai dengan pola masukan (*input*) saat pembelajaran dan dihitung nilai *error* sesuai dengan persamaan (2.11)

$$\delta_k = (t_k - y_k)f'(y\_in_k) \quad (2.11)$$

Dimana  $\delta_k$  merupakan faktor pengendali nilai bobot (*weight*) pada lapisan luaran,  $f'(y\_in_k)$  merupakan turunan dari fungsi aktivasi pada  $y\_in_k$ . Nilai  $t_k$  merupakan nilai target dari model, sehingga ditemukan selisih antara luaran dari tahapan *feedforward* dengan target.

Perbaikan bobot (*weight*) dihitung dan nilai  $W_{jk}$  diperbaiki sesuai dengan persamaan (2.12)

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \quad (2.12)$$

Dimana  $\Delta W_{jk}$  merupakan selisih antara  $W_{jk}$  saat  $t$  dengan  $W_{jk}$  saat  $t+1$  dan  $\alpha$  merupakan konstanta laju pelatihan (*learning rate*) dengan nilai  $0 < \alpha < 1$ .

b) Tahap 7

Masing-masing bobot (*weight*) yang menghubungkan *node* pada *output layer* dengan *node* pada *hidden layer* dikalikan delta ( $\delta_k$ ) dan dijumlahkan sebagai masukan (*input*) lapis berikutnya, sesuai dengan persamaan (2.13)

$$\delta\_in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad (2.13)$$

Dimana  $\delta\_in_j$  merupakan faktor pengendalian nilai bobot (*weight*) dari luaran lapisan tersembunyi (*hidden layer*).

Selanjutnya, nilai dari  $\delta\_in_j$  dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung nilai *error* sesuai dengan persamaan (2.14).

$$\delta_j \delta\_in_j f'(y\_in_k) \quad (2.14)$$

Langkah berikutnya adalah menghitung perbaikan bobot (*weight*) yang digunakan untuk memperbaiki  $V_{ij}$  sesuai dengan persamaan (2.15) dan menghitung perbaikan bias untuk memperbaiki  $V_{oj}$  sesuai dengan persamaan (2.16)

$$\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j X_i \quad (2.15)$$

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \quad (2.16)$$

Dimana  $\Delta V_{ij}$  merupakan selisih antara  $V_{ij}$  saat  $t$  dengan  $V_{ij}$  saat  $t+1$ , dan Dimana  $\Delta V_{0j}$  merupakan selisih antara  $V_{0j}$  saat  $t$  dengan  $V_{0j}$  saat  $t+1$

c) Tahap 8

Masing-masing luaran (*output*) dari *node* diperbaiki bias dan bobotnya sesuai dengan persamaan (2.17)

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \quad (2.17)$$

Masing-masing *node* pada *hidden layer* diperbaiki bias dan bobotnya (*weight*) sesuai dengan persamaan (2.18)

$$V_{jk}(\text{baru}) = V_{jk}(\text{lama}) + \Delta V_{jk} \quad (2.18)$$

d) Tahap 9

Uji kondisi pemberhentian (akhir iterasi)

b. Tahap Pengujian (*Testing*) dan Validasi (*Validation*)

Pada tahapan ini data yang tidak masuk ke dalam data pelatihan digunakan untuk menguji model yang telah dihasilkan pada proses pembelajaran. Tahapan ini bertujuan untuk menguji model apakah bisa digunakan secara umum. Setelah teruji, model akan diterapkan pada data validasi untuk mengetahui kinerja model dalam melakukan peramalan di kondisi sebenarnya.

### 2.1.6. Perhitungan Error

Menurut Makridakis dan Hibon, untuk menguji ukuran kesalahan peramalan dapat menggunakan beberapa metode [27]. Untuk mengukur ketepatan peramalan, biasanya digunakan metode MAPE.

#### 2.2.1.9. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Merupakan rata – rata dari keseluruhan persentase kesalahan (selisih) antara data aktual dengan data hasil peramalan. MAPE

menggambarkan nilai *error* terhadap data aktual dalam bentuk persentase. Bentuk persentase digunakan karena dapat menggambarkan tingkat pentingnya *error* dan merupakan bentuk yang umum digunakan sehingga bisa diinterpretasikan lebih cepat [27]. MAPE dapat dihitung dengan persamaan (2.19):

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{X_t F_t}{X_t} \right|}{m} 100\% \quad (2.19)$$

Dimana  $X_t$  merupakan data aktual saat periode  $t$ ,  $F_t$  merupakan data hasil peramalan saat periode  $t$ , dan  $m$  merupakan jumlah data yang digunakan saat menghitung MAPE.

## BAB III

### METODOLOGI Pengerjaan Tugas Akhir

Dalam bab ini menjelaskan terkait metodologi yang akan digunakan sebagai panduan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

#### 3.1. Diagram Metodologi

Gambar 3.1 merupakan alur metodologi untuk tugas akhir menggunakan metode *Jaringan Saraf Tiruan*.



**Gambar 3.1 Metodologi Tugas Akhir**

### **3.2. Uraian Metodologi**

Berdasarkan pada diagram alur metodologi pada sub bab sebelumnya, di bawah ini merupakan penjelasan dari setiap prosesnya

#### **3.2.1. Identifikasi Permasalahan**

Pada proses ini dilakukan penggalan data dan analisa mengenai permasalahan yang ingin diselesaikan. Proses penggalan data dilakukan dengan cara melakukan wawancara dengan pihak PDAM Surya Sembada Surabaya. Permasalahan yang ditemui di PDAM Surya Sembada Surabaya adalah masih adanya pelanggan yang tidak dapat air, serta tingkat efektivitas produksi yang masih belum baik karena jumlah air yang tidak terdistribusikan ke pelanggan masih tinggi. Selain itu, pengambilan keputusan dalam menentukan jumlah produksi air mempertimbangkan pemakaian air secara menyeluruh, tidak memperhatikan dari masing-masing kategori.

#### **3.2.2. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi seperti wawancara dengan narasumber, buku pustaka, penelitian sebelumnya, dan dokumen terkait. Studi literatur didasarkan pada topik yang telah didapatkan sebelumnya. Pada tugas akhir ini diusulkan topik mengenai peramalan jangka menengah pemakaian air bersih untuk kategori rumah tangga di wilayah Surabaya dengan menggunakan model peramalan tertentu. Setelah itu, dilakukan kembali studi literatur untuk lebih memahami teori dasar yang berkaitan dengan permasalahan yang ingin diselesaikan. Dari proses ini dapat diketahui permasalahan, cakupan dan batasan dari topik yang ada.



### 3.2.3. Menentukan Metode Tugas Akhir

Setelah mendapatkan permasalahan, cakupan dan batasan dari topik tugas akhir, langkah berikutnya adalah menentukan metode penyelesaian masalah yang akan digunakan. Untuk mencari metode ini, perlu dilakukan analisa terhadap metode-metode yang ada dan telah diterapkan untuk permasalahan yang serupa. Setelah dilakukan analisa, dilakukan *gap analysis* untuk mencari tahu kelebihan dan kelemahan dari masing-masing metode. Sesuai dengan yang telah dijelaskan sebelumnya, pada tugas akhir ini diusulkan salah satu metode peramalan yaitu *Jaringan Saraf Tiruan* tipe *backpropagation*. Peramalan nantinya akan dilakukan secara terawasi (*supervised*), sehingga memiliki target sebagai acuan luaran model.

### 3.2.4. Pengumpulan Data dan Wawancara

Setelah mendapatkan metode yang sesuai, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data. Data merupakan pendukung utama dalam terlaksananya tugas akhir ini. Oleh karena itu dibutuhkan pengumpulan data sesuai dengan topik dan batasan permasalahan yang diambil. Pada tugas akhir ini, data didapat dari PDAM Surya Sembada Surabaya, yaitu jumlah pelanggan dan pemakaian air bulanan oleh pelanggan kategori rumah tangga selama 14 tahun terakhir. Selain dari PDAM Surya Sembada Surabaya, didapatkan juga data jumlah penduduk di Kota Surabaya dari Badan Pusat Statistik (BPS). Selain pengumpulan data, dilakukan juga wawancara kepada narasumber yang terkait sebagai informasi pendukung terlaksananya tugas akhir ini.

### **3.2.5. Proses Peramalan menggunakan metode *Jaringan Saraf Tiruan***

#### **3.1.1.1. Persiapan data**

Data yang didapatkan dari berbagai sumber disiapkan untuk proses pengolahan. Pada tahapan ini, dilakukan interpolasi dan ekstrapolasi data, uji korelasi dan pembagian data pemakaian air. Interpolasi data digunakan untuk mengisi titik-titik yang kosong pada data. Interpolasi dan ekstrapolasi data digunakan untuk mengubah data penduduk yang jangkanya tahunan menjadi data penduduk dengan jangka bulanan dan melengkapi data yang belum tersedia. Uji korelasi digunakan untuk memilih variabel apa saja yang cocok untuk digunakan bersama dengan variabel pemakaian dalam melakukan peramalan. Pembagian data membagi data menjadi dua, yaitu data untuk pelatihan (*data training*), data untuk pengujian (*data testing*) dan data validasi dengan perbandingan 11 tahun untuk data pelatihan, 3 tahun untuk data pengujian dan 3 tahun untuk validasi. Selain itu, dari data yang tersedia dipilih data terbaru untuk digunakan sebagai target pelatihan.

#### **3.1.1.2. Menyusun kerangka model**

Menyusun kerangka model *Jaringan Saraf Tiruan* dengan menetapkan nilai dari parameter yang digunakan, yaitu variabel yang digunakan, jumlah masukan (*input*), jumlah *hidden layer*, jumlah *node*, nilai *learning rate*, nilai *momentum*, dan jumlah *epoch*. Jumlah masukan terdiri dari variabel yang digunakan dalam peramalan yaitu pemakaian air, jumlah penduduk dan jumlah pelanggan, serta periode mundur dari data variabel tersebut dalam jangka bulanan ( $t-1$ ,  $t-2$ ,  $t-3$ , ...,  $t-n$ ). Kerangka model ini akan digunakan untuk membentuk model dengan data pelatihan.

### 3.1.1.3. Membentuk model

Membentuk model *Jaringan Saraf Tiruan* dari kerangka yang ada dengan mengolah data pelatihan yang telah disiapkan. Model yang terbentuk ini digunakan untuk melakukan peramalan. Dari pembentukan model ini, akan diketahui nilai *MAPE* dari sebuah model berdasarkan perbandingan antara hasil luaran model dengan data target

### 3.1.1.4. Melakukan variasi percobaan

Membentuk model baru dengan parameter yang berbeda-beda hingga didapatkan model yang paling baik dengan tingkat *MAPE* yang rendah.

### 3.1.1.5. Melakukan pengujian dan validasi

Dari model yang telah dibuat, dilakukan pengujian dengan mengolah data pengujian menggunakan model. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah model mampu diterapkan untuk data lain. Proses validasi dilakukan dengan melakukan peramalan dengan model yang telah diuji dan membandingkan hasilnya dengan data aktual. Proses validasi dilakukan untuk mengetahui validitas model ketika diterapkan nantinya.

## 3.2.6. Analisis Hasil dan Penarikan Kesimpulan

Menganalisa hasil percobaan yang telah dilakukan, baik dari hasil akhir maupun selama proses percobaan. Setelah dianalisa, maka dibentuk kesimpulan yang nantinya dapat membantu pihak PDAM dalam penyusunan strategi produksi air bersih.

### **3.2.7. Penyusunan Laporan Tugas Akhir**

Tahapan terakhir adalah pembuatan laporan tugas akhir sebagai bentuk dokumentasi atas terlaksananya tugas akhir ini. Di dalam laporan tersebut mencakup:

- a. Bab I Pendahuluan  
Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat pengerjaan tugas akhir ini.
- b. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori  
Dijelaskan mengenai penelitian-penelitian serupa yang telah dilakukan serta teori – teori yang menunjang permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini
- c. Bab III Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir  
Dalam bagian ini dijelaskan mengenai tahapan – tahapan apa saja yang harus dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir
- d. Bab IV Desain Model  
Bagian yang berisi tentang perancangan model yang akan diuji coba dalam tugas akhir ini
- e. Bab V Implementasi Model  
Dalam bagian ini menjelaskan bagaimana penerapan dari model yang telah dirancang pada tahapan sebelumnya
- f. Bab VI Uji Coba dan Analisa Hasil  
Bagian ini berisi hasil dari uji coba yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini beserta analisisnya
- g. Bab VII Kesimpulan dan Saran  
Berisi tentang kesimpulan dan saran yang ditujukan untuk kelengkapan penyempurnaan tugas akhir ini

## **BAB IV PERANCANGAN**

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana rancangan dari penelitian tugas akhir yang meliputi subyek dan obyek dari penelitian, pemilihan subyek dan obyek penelitian dan bagaimana penelitian akan dilakukan.

### **4.1. Pengumpulan Data**

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir. Proses pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap pihak yang berkaitan dengan topik tugas akhir di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Dari proses wawancara tersebut didapatkan proses bisnis dari sisi produksi air dan rekap bulanan pemakaian air serta pelanggan pada kategori rumah tangga di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Selain itu, dilakukan juga pengumpulan data dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya untuk mendapatkan data penduduk.

#### **4.1.1. Data Masukan**

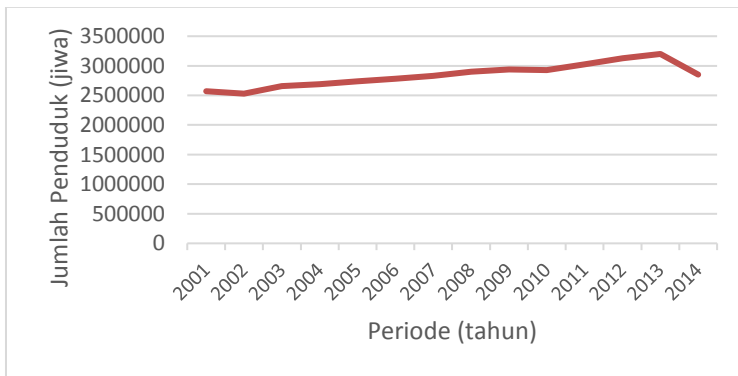
Dari proses pengumpulan data, didapatkan data bulanan pemakaian air dan jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga di Kota Surabaya mulai dari Januari 2001 hingga Desember 2015 dan data tahunan jumlah penduduk di Kota Surabaya mulai tahun 2001 hingga tahun 2014. Data jumlah pemakaian dan jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga dilampirkan dalam LAMPIRAN A. Untuk data jumlah penduduk tahun 2015 sendiri masih belum dirilis dari pihak Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.

#### **4.1.2. Persiapan Data**

Pada tahapan ini, seluruh data yang telah tersedia diolah dan disiapkan sehingga dapat diproses di tahapan selanjutnya. Dalam tugas akhir ini, tahapan pra-proses yang dilakukan diantaranya adalah interpolasi, ekstrapolasi dan uji korelasi.

a. Interpolasi

Interpolasi digunakan untuk mencari nilai yang terletak dalam dua buah titik atau lebih [18]. Dalam tugas akhir ini, interpolasi digunakan untuk mencari jumlah penduduk dalam bulanan, karena data jumlah penduduk Kota Surabaya hanya tersedia dalam bentuk tahunan. Interpolasi linear digunakan karena diketahui dua buah titik dan bisa ditarik garis lurus diantara kedua titik tersebut [18]. Gambar 4.1 menunjukkan data jumlah penduduk kota Surabaya. Data jumlah penduduk Kota Surabaya mulai dari tahun 2001-2015 cenderung linear, sehingga bisa digunakan interpolasi linear. Data jumlah penduduk Kota Surabaya dalam tahun dapat dilihat pada **LAMPIRAN B DATA TAHUNAN JUMLAH PENDUDUK KOTA SURABAYA**



**Gambar 4.1 Grafik Jumlah Penduduk Kota Surabaya dalam Tahun**

b. Ekstrapolasi

Ekstrapolasi digunakan untuk mencari nilai di luar interval data dengan melihat tren data [18]. Dalam tugas akhir ini, Ekstrapolasi digunakan karena BPS Surabaya masih belum mengeluarkan data jumlah penduduk untuk Kota Surabaya pada tahun 2015. Berdasarkan tren data dari jumlah penduduk Kota Surabaya selama 14 tahun terakhir yang cenderung membentuk

garis lurus, maka untuk mencari jumlah penduduk bulanan selama tahun 2015 digunakan ekstrapolasi linear.

c. Uji Korelasi

Uji Korelasi digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, sehingga justifikasi dari pengaruh tersebut tidak hanya berdasarkan asumsi [19]. Dalam tugas akhir ini, uji korelasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari data jumlah pelanggan kategori rumah tangga dan jumlah penduduk terhadap pemakaian air untuk kategori rumah tangga di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Metode untuk menguji korelasi pada variabel tersebut menggunakan *Pearson Correlation*.

Setelah data disiapkan, maka data dibagi menjadi tiga yaitu untuk pelatihan (*data training*), pengujian (*data testing*) dan validasi. Seluruh data tersedia dalam bentuk bulanan, mulai dari Januari 2001 hingga Desember 2015 sehingga total data mencapai 180. Data dibagi dalam rasio 3:1:1 untuk pelatihan pengujian dan validasi sehingga dihasilkan data bulanan selama 9 tahun (108 data) untuk pelatihan, 3 tahun (36 data) untuk pengujian dan 3 tahun (36 data) untuk validasi. Tabel menjelaskan fungsi dari masing-masing pembagian data

**Tabel 4.1 Fungsi Data Pelatihan, Pengujian dan Validasi**

Data	Fungsi
Pelatihan	Membangun model jaringan saraf tiruan berdasarkan struktur dan parameter yang telah ditetapkan
Pengujian	Menguji kinerja model yang telah dibangun dari data pelatihan. Model dengan

	kinerja terbaik setelah data pengujian diterapkan akan dipilih untuk divalidasi
Validasi	Menguji dan mengevaluasi kinerja model terbaik ketika diterapkan pada kondisi riil. Data validasi juga bisa digunakan untuk mengetahui kemampuan model dalam meramalkan data untuk periode tertentu.

## 4.2. Pembuatan Model

Dalam tugas akhir ini, peramalan pemakaian air pada kategori rumah tangga dilakukan dengan mempertimbangkan variabel lain, yaitu variabel jumlah pelanggan kategori rumah tangga dan variabel jumlah penduduk. Selain mempertimbangkan variabel lain, peramalan ini juga mempertimbangkan data-data pada bulan-bulan sebelumnya. Oleh karena itu, peramalan pada tugas akhir ini berbentuk *multivariate time series*.

### 4.2.1. Struktur Model Neural Network

Untuk mencari model *neural network* yang terbaik, perlu dilakukan uji coba terhadap variasi struktur model *neural network*. Dalam tugas akhir ini, terdapat tiga struktur model yang diuji coba.

#### 4.2.1.1. Model Neural Network 1

Model *Neural Network 1* hanya menggunakan satu variabel sebagai masukan, yaitu variabel pemakaian air. Gambar 4.2 menunjukkan struktur model *neural network 1*. X merupakan *node* pada lapisan masukan diuji coba mulai dari periode pemakaian air satu bulan sebelumnya ( $t-1$ ) hingga 20 bulan sebelumnya ( $t-20$ ). Z sebagai jumlah *node* pada lapisan tersembunyi diuji coba mulai dari  $n$  hingga  $4n$ , dengan  $n$  merupakan jumlah *node* yang ada pada



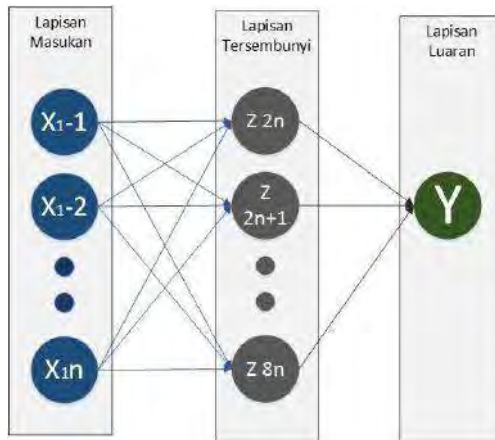
lapisan masukan.  $Y$  merupakan *node* pada lapisan luaran dan menjadi satu-satunya *node* pada model ini.

#### 4.2.1.2. Model *Neural Network 2*

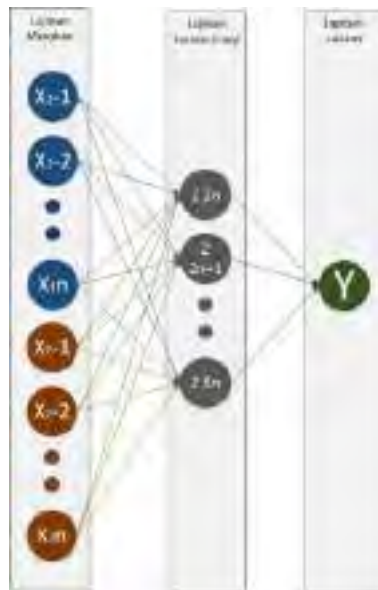
Model *Neural Network 2* menggunakan dua variabel sebagai masukan, yaitu kombinasi antara variabel pemakaian air dengan variabel jumlah pelanggan atau variabel jumlah penduduk. Gambar 4.3 menunjukkan struktur model *neural network 2*.  $X_1$  merupakan *node* dari variabel pertama dan  $X_2$  merupakan *node* dari variabel kedua pada lapisan masukan. *Node* pada masing-masing variabel akan diuji coba mulai dari periode satu bulan sebelumnya ( $t-1$ ) hingga 20 bulan sebelumnya ( $t-20$ ) dengan jumlah yang sama diantara keduanya.  $Z$  sebagai jumlah *node* pada lapisan tersembunyi diuji coba mulai dari  $2n$  hingga  $8n$ , dengan  $n$  merupakan jumlah *node* yang ada pada lapisan masukan.  $Y$  merupakan *node* pada lapisan luaran dan menjadi satu-satunya *node* pada model ini.

#### 4.2.1.3. Model *Neural Network 3*

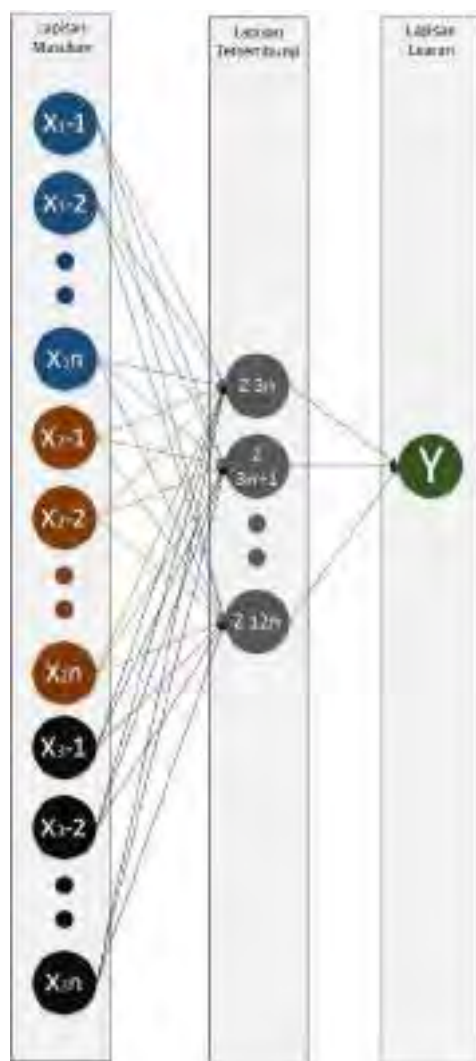
Model *Neural Network 3* menggunakan tiga variabel sebagai masukan, yaitu kombinasi antara variabel pemakaian air dengan variabel jumlah pelanggan dan variabel jumlah penduduk. Gambar 4.4 menunjukkan struktur model *neural network 3*.  $X_1$  merupakan *node* dari variabel pertama,  $X_2$  merupakan *node* dari variabel kedua dan  $X_3$  merupakan *node* dari variabel ketiga pada lapisan masukan. *Node* pada masing-masing variabel akan diuji coba mulai dari periode satu bulan sebelumnya ( $t-1$ ) hingga 20 bulan sebelumnya ( $t-20$ ) dengan jumlah yang sama diantara ketiganya.  $Z$  sebagai jumlah *node* pada lapisan tersembunyi diuji coba mulai dari  $3n$  hingga  $12n$ , dengan  $n$  merupakan jumlah *node* yang ada pada lapisan masukan.  $Y$  merupakan *node* pada lapisan luaran dan menjadi satu-satunya *node* pada model ini.



**Gambar 4.2 Struktur Model Neural Network 1**



**Gambar 4.3 Struktur Model Neural Network 2**



Gambar 4.4 Struktur Model Neural Network 3

#### 4.2.2. Parameter Model Neural Network

Model *neural network* terbaik dibentuk dari parameter-parameter dengan nilai tertentu. Nilai dari parameter tersebut ditetapkan berdasarkan percobaan yang dilakukan untuk mencari model dengan nilai *MAPE* paling rendah. Untuk melakukan percobaan, dibutuhkan berbagai kombinasi dari masing-masing nilai parameter.

Pada tugas akhir ini, pencarian model terbaik dilakukan secara bertahap dari satu parameter menuju parameter yang lain. Percobaan akan dilakukan dengan mengubah nilai dari satu parameter dan menyamakan parameter lain hingga diketahui model dengan *MAPE* terendah. Setelah diketahui nilai terbaik dari satu parameter tersebut, maka akan dilakukan lagi percobaan dengan menggunakan nilai parameter tersebut dan mengganti nilai parameter lain hingga didapatkan nilai *MAPE* yang terbaik. Tahapan ini akan terus dilakukan hingga ditemukan nilai yang menghasilkan tingkat *MAPE* paling rendah untuk seluruh parameter yang diuji coba.

Tahapan percobaan parameter yang dilakukan dalam percobaan tugas akhir ini adalah [28] [29] :

a. Fungsi pelatihan

Pada tugas akhir ini fungsi pelatihan yang digunakan adalah *Adaptive Learning Rate with Momentum*. Fungsi pelatihan ini mampu memperbarui nilai dari *learning rate* selama proses pelatihan [23]. Perubahan ini dipengaruhi oleh hasil *error* yang muncul dari proses pelatihan. Selain itu, pelatihan ini juga menggunakan parameter *momentum* sehingga dapat meminimalisir gangguan kecil yang muncul dalam pelatihan [23].

b. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi berguna untuk mengeluarkan nilai dari hasil pengolahan antara bobot dengan *node* yang terhubung di lapisan sebelumnya [21]. Untuk tugas akhir ini, akan dilakukan

percobaan untuk fungsi aktivasi *sigmoid* dan *hyperbolic tangent* pada *node* yang terletak di lapisan tersembunyi. Sedangkan untuk fungsi aktivasi pada *node* di lapisan luaran hanya menggunakan fungsi linear.

c. Laju Pembelajaran

Laju pembelajaran (*leaning rate*) memiliki pengaruh dalam perubahan bobot dan bias dalam *neural network* [23]. Semakin besar nilai dari laju pembelajaran, maka semakin kecil waktu percobaan yang dibutuhkan. Namun, apabila nilai dari laju pembelajaran terlalu besar, maka algoritma dari neural network menjadi tidak stabil [23]. Dengan menggunakan fungsi pelatihan *Adaptive Learning Rate with Momentum*, maka nilai laju pembelajaran yang ditetapkan adalah nilai dari inisiasi awal sebelum diubah selama pelatihan. Pada tugas akhir ini, Nilai untuk inisiasi awal laju pembelajaran pada tugas akhir ini adalah 0,05 hingga 0,95 dengan pertambahan sebesar 0,05.

d. Momentum

Momentum berfungsi sebagai penyaring yang mampu meminimalisir gangguan-gangguan kecil dalam kurva *error* sehingga pelatihan dapat lebih cepat mencapai error terkecil. Nilai momentum berkisar antara 0-1. Nilai momentum yang terlalu besar dapat menyebabkan model menjadi tidak sensitif sehingga tidak mampu belajar dengan baik [23]. Pada tugas akhir ini, akan dilakukan percobaan dengan variasi nilai momentum mulai dari 0,05 hingga 0,95 dengan pertambahan sebesar 0,05.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB V IMPLEMENTASI

Pada bagian ini menjelaskan tentang proses implementasi dalam mencari model yang paling optimal dari studi kasus tugas akhir ini. Bagian ini menjalankan apa yang dirancang pada bagian sebelumnya.

### 5.1. Penentuan Data Masukan

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data bulanan pemakaian air dan jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga di Kota Surabaya mulai dari Januari 2001 hingga Desember 2015 dan data tahunan jumlah penduduk di Kota Surabaya mulai tahun 2001 hingga tahun 2014. Untuk data jumlah penduduk tahun 2015 sendiri masih belum dirilis dari pihak Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, sehingga akan dilakukan interpolasi dan ekstrapolasi.

Kemudian data dibagi menjadi tiga yaitu untuk pelatihan (*data training*), untuk pengujian (*data testing*), dan untuk validasi. Seluruh data tersedia dalam bentuk bulanan, mulai dari Januari 2001 hingga Desember 2015 sehingga total data mencapai 180. Data dibagi dalam rasio 3:1:1 untuk pelatihan dan pengujian serta validasi sehingga dihasilkan data bulanan selama 9 tahun (108 data) untuk pelatihan, 3 tahun (36 data) untuk pengujian dan 3 tahun (36 data) untuk validasi.



Gambar 5.1 Pembagian Data

## 5.2. Pembentukan Model dengan Matlab

Untuk tugas akhir ini, model *neural network* yang digunakan adalah *multilayer perceptron* yang terdiri dari satu lapisan masukan, satu lapisan tersembunyi, dan satu lapisan luaran. Untuk membentuk suatu model *neural network* pada Matlab digunakan sintaks *newff*, yaitu *neural network* yang berjenis *feed-forward backpropagation*. Sintaks (5.1) merupakan sintaks yang digunakan untuk membuat suatu model.

```
net=newff(input,target,node,{'tansig',  
'purelin'});
```

(5.1)

Dimana *net* merupakan model *neural network* yang akan dibentuk, *input* merupakan dataset berisi data yang akan digunakan sebagai masukan, *target* merupakan dataset berisi data yang akan digunakan sebagai target dalam pelatihan, *node* merupakan jumlah *node* yang digunakan dalam lapisan tersembunyi, dan {'tansig','purelin'} merupakan fungsi aktivasi yang ada pada lapisan tersembunyi dan lapisan luaran. Fungsi aktivasi *sigmoid* pada Matlab memiliki sintaks *logsig*, fungsi aktivasi *hyperbolic tangent* memiliki sintaks *tansig* dan fungsi aktivasi linear memiliki sintaks *purelin*.

Fungsi *input* menentukan jumlah *node* pada lapisan masukan. Jumlah *node* dihitung berdasarkan jumlah baris yang ada pada dataset *input*. Jumlah *node* pada lapisan luaran ditentukan berdasarkan jumlah baris yang ada pada dataset *target*.

Apabila tidak ditetapkan, maka jumlah *node* dan fungsi aktivasi akan bernilai *default*, yaitu 10 dan *tansig*. Pada tugas akhir ini, jumlah *node* yang digunakan mulai dari  $n$  hingga  $4n$  sesuai dengan yang telah dijelaskan di bab sebelumnya dan fungsi aktivasi yang digunakan adalah {'tansig','purelin'} dan {'logsig','purelin'}.



### 5.2.1. Pengaturan Parameter Model

Model dengan kinerja yang baik memiliki parameter-parameter dengan nilai tertentu. Pada pembentukan model, parameter yang dapat ditetapkan adalah jumlah *node* dalam lapisan masukan dan dalam lapisan tersembunyi serta jenis fungsi aktivasi yang digunakan. Sedangkan parameter lain dapat diatur setelah model awal dibentuk, sebelum dilakukan pelatihan.

#### a. Jenis Pelatihan

Pada tugas akhir ini, digunakan jenis pelatihan *Adaptive Learning Rate with Momentum* dengan sintaks 'traingdx' pada Matlab. Sintaks (5.2) merupakan sintaks untuk mengatur jenis pelatihan yang digunakan.

```
net.trainFcn='traingdx'; (5.2)
```

#### b. Laju Pembelajaran dan Momentum

Tugas akhir ini menggunakan fungsi pelatihan *Adaptive Learning Rate With Momentum* atau 'traingdx' yang memiliki parameter inisiasi awal laju pembelajaran (*learning rate*) dan momentum. Sintaks (5.3) merupakan sintaks untuk mengatur nilai inisiasi awal laju pembelajaran dan sintaks (5.4) merupakan sintaks

```
net.trainParam.lr = x; (5.3)
```

```
net.trainParam.mc = y; (5.4)
```

dimana x merupakan nilai untuk inisiasi awal laju pembelajaran dengan nilai diantara 0 hingga 1 dan y merupakan nilai untuk momentum dengan nilai diantara 0 hingga 1. Apabila parameter ini tidak ditetapkan, maka kedua parameter akan menggunakan nilai *default* dari Matlab, yaitu 0,01 untuk inisiasi awal laju pembelajaran dan 0.9 untuk momentum.

#### c. Epoch

Dalam tugas akhir ini, nilai *epoch* yang digunakan adalah sesuai dengan standar dari Matlab yaitu 1000. Sintaks (5.5) merupakan sintaks untuk mengatur nilai dari *epoch*.

```
net.trainParam.Epochs = 1000;      (5.5)
```

### 5.3. Pelatihan Model

Model yang telah terbentuk dan telah ditetapkan nilai dari setiap parameternya dilatih menggunakan data pelatihan (*training*) yang telah disiapkan sebelumnya. Tahapan ini bertujuan untuk melatih model agar mampu mempelajari pola data pelatihan dan memperkirakan sebuah nilai berdasarkan nilai-nilai tertentu. Sintaks (5.6) merupakan sintaks untuk melatih model yang telah dibuat.

```
net = train(net,input,target);      (5.6)
```

Dimana *net* merupakan model yang telah dibentuk sebelumnya, *input* merupakan data pelatihan yang akan digunakan untuk melatih model, dan *target* sebagai acuan model untuk luaran dalam melakukan pelatihan.

### 5.4. Simulasi Pelatihan

Simulasi pelatihan dilakukan ketika model telah dilatih. Simulasi pelatihan digunakan untuk mengolah data dengan menggunakan model yang telah dilatih. Pada tahapan ini, simulasi dilakukan dengan menggunakan data pelatihan yang nantinya hasil luaran dari simulasi dibandingkan dengan data aktual. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari proses pelatihan, ketika dibandingkan dengan data aktualnya. Sintaks (5.7) merupakan sintaks yang digunakan untuk simulasi data.

```
s = sim(net,input);                (5.7)
```

dimana *s* merupakan hasil dari simulasi, *net* merupakan model *neural network* yang telah dilatih dan *input* sebagai data pelatihan yang akan disimulasikan.

Simulasi pelatihan dilakukan dalam seluruh percobaan pembentukan model *neural network*. Dari hasil simulasi pelatihan, model *neural network* dengan kinerja terbaik akan dipilih dan diuji dengan menggunakan data pengujian.

### 5.5. Simulasi Pengujian

Simulasi pengujian dilakukan ketika model *neural network* dengan kinerja terbaik telah dipilih. Dalam tahapan ini, dilakukan kembali simulasi dengan menggunakan model terbaik namun dengan data yang berbeda, yaitu data pengujian. Tujuan dari simulasi pengujian adalah untuk mengetahui performa model ketika dihadapkan dengan data lain. Sintaks (5.8) merupakan sintaks untuk melakukan simulasi pengujian adalah

$$t = \text{sim}(\text{net}, \text{test}); \quad (5.8)$$

dimana  $t$  merupakan hasil dari simulasi pengujian,  $\text{net}$  merupakan model *neural network* dengan kinerja terbaik dari proses pelatihan, dan  $\text{test}$  merupakan data pengujian yang akan disimulasikan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB VI**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil dari perancangan dan implementasi yang telah disusun dalam tugas akhir ini. Bagian ini menjelaskan lingkungan uji coba, hasil *pra-processing* dari data, hasil dari setiap tahapan pembentukan model, hingga hasil peramalan.

#### **6.1. Lingkungan Uji Coba**

Lingkungan uji coba merupakan perangkat yang digunakan dalam melakukan percobaan untuk pencarian model terbaik pada tugas akhir ini. Lingkungan uji coba terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Tabel 6.1 Perangkat keras yang digunakan memiliki rincian sebagai berikut:

**Tabel 6.1 Spesifikasi Perangkat Keras yang Digunakan**

<b>Perangkat Keras</b>	<b>Spesifikasi</b>
Jenis	Personal Computer
Processor	Intel Core 2 Duo
RAM	2048 MB
Hard Disk Drive	300 GB

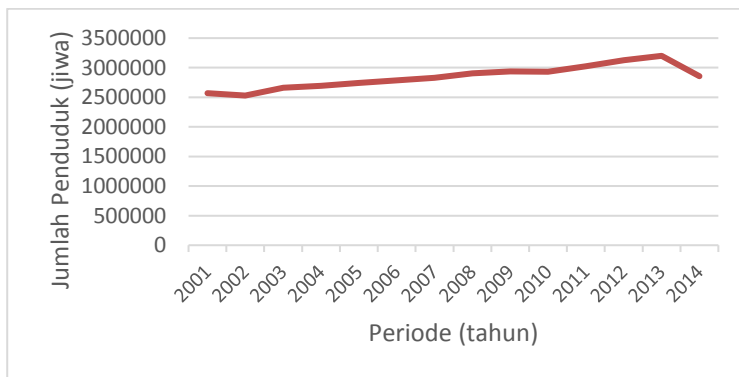
Selain itu terdapat lingkungan perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba model. Tabel 6.2 merupakan rincian dari perangkat lunak yang digunakan.

**Tabel 6.2 Perangkat Lunak yang Digunakan**

<b>Perangkat Lunak</b>	<b>Fungsi</b>
Windows 8	Sistem operasi
Matlab 2009	membentuk model, melakukan pelatihan dan pengujian model
Microsoft Excel 2010	Mengelola data, merangkum data

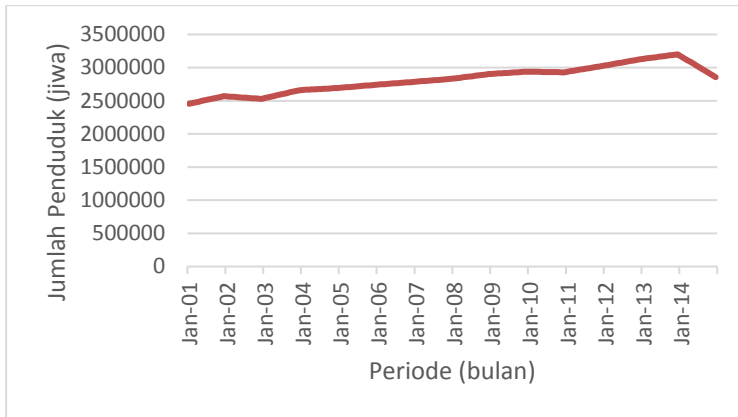
## 6.2. Hasil Interpolasi dan Ekstrapolasi

Interpolasi digunakan untuk mengisi data bulanan dari data penduduk tahunan yang tersedia. Data yang telah dilakukan interpolasi menghasilkan data yang terakumulasi dari periode sebelumnya. Gambar 6.1 merupakan grafik data jumlah penduduk dalam tahunan. Data tahunan jumlah penduduk kota Surabaya dapat dilihat pada **LAMPIRAN B DATA TAHUNAN JUMLAH PENDUDUK KOTA SURABAYA**

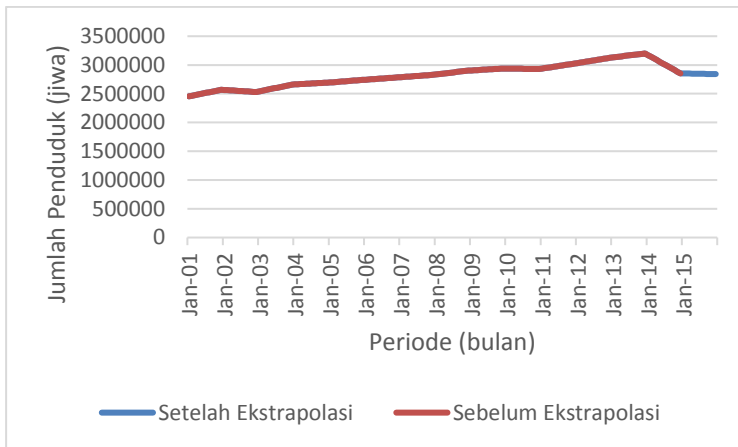


**Gambar 6.1 Jumlah Penduduk Tahunan**

Gambar 6.2 merupakan hasil dari interpolasi yang dilakukan untuk setiap tahun menjadi bentuk bulanan. Data yang awalnya merupakan data kumulatif yang tercatat setiap akhir tahun telah diinterpolasi sehingga menjadi data kumulatif untuk setiap bulannya. Untuk jumlah penduduk bulanan selama tahun 2015 sendiri akan dilakukan ekstrapolasi berdasarkan titik data historis yang ada. Gambar 6.3 merupakan hasil dari ekstrapolasi yang dilakukan terhadap jumlah penduduk. Hasil akhir dari data bulanan jumlah penduduk Surabaya dapat dilihat pada **LAMPIRAN C HASIL INTERPOLASI DAN EKSTRAPOLASI DATA JUMLAH KOTA SURABAYA**



**Gambar 6.2 Interpolasi Data Penduduk**



**Gambar 6.3 Ektrapolasi Data Penduduk**

### 6.3. Hasil Uji Korelasi

Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui tingkat korelasi antara data jumlah pemakaian air untuk kategori rumah tangga dan data jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga serta antara

data jumlah pemakaian air untuk kategori rumah tangga dan data jumlah penduduk yang telah diinterpolasi dan ekstrapolasi.

Berdasarkan hasil uji korelasi yang telah dilakukan, data jumlah pemakaian air untuk kategori rumah tangga dan data jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga memiliki nilai korelasi sebesar **0.899**. Berdasarkan tabel interpretasi dari hasil korelasi [20], kedua variabel ini memiliki korelasi yang **sangat kuat** antara satu sama lain, sehingga variabel jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga akan digunakan dalam pencarian model dalam tugas akhir ini.

Untuk data jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga serta antara data jumlah pemakaian air untuk kategori rumah tangga dan data jumlah penduduk yang telah diinterpolasi dan ekstrapolasi, kedua variabel tersebut memiliki nilai **0.600**. Berdasarkan tabel interpretasi dari hasil korelasi [20], kedua variabel ini memiliki korelasi **kuat** antara satu sama lain, sehingga variabel jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga akan digunakan dalam pencarian model dalam tugas akhir ini.

#### **6.4. Pemilihan Model Neural Network**

Pada tugas akhir ini, model Neural Network yang dipilih adalah model dengan nilai dari parameter-parameter yang menyusunnya. Percobaan dilakukan dengan mencari nilai yang menghasilkan model terbaik dari setiap parameter berdasarkan tahapan yang telah dijelaskan sebelumnya. Percobaan akan dilakukan untuk masing-masing model Neural Network yang telah dibentuk pada pembahasan sebelumnya.

##### **6.4.1. Jumlah *Node* pada Lapisan Masukan**

Pada tugas akhir ini, model yang diuji coba memiliki empat kombinasi variabel. Setiap variabel akan diuji coba secara deret waktu mulai dari data satu bulan dari variabel (t-1) hingga data 20 bulan dari variabel (t-20). Tabel 6.3 menunjukkan percobaan *node* pada lapisan masukan yang dilakukan untuk setiap model. Data



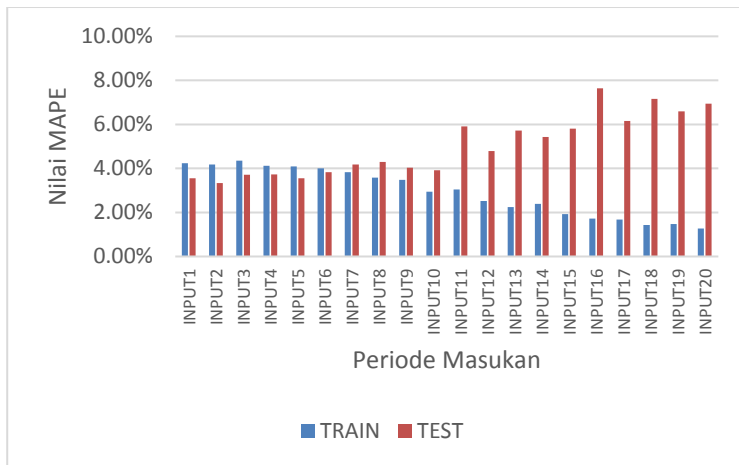
hasil pelatihan dan pengujian pada percobaan ini dapat dilihat pada  
**LAMPIRAN D**  
**HASIL UJI COBA MASUKAN TERBAIK.**

**Tabel 6.3 Node pada Lapisan Masukan**

Model	Node pada Lapisan Masukan	
	Variabel	Deret waktu
Model 1	Variabel Pemakaian	$X_{1-1}, X_{1-2}, \dots, X_{1-n}$
Model 2	Variabel Pemakaian	$X_{1-1}, X_{1-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Penduduk	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
Model 3	Variabel Penduduk	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{3-1}, X_{3-2}, \dots, X_{3-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Penduduk	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{3-1}, X_{3-2}, \dots, X_{3-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Penduduk	$X_{3-1}, X_{3-2}, \dots, X_{3-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Penduduk	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{3-1}, X_{3-2}, \dots, X_{3-n}$
	Variabel Penduduk	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{3-1}, X_{3-2}, \dots, X_{3-n}$
	Variabel Penduduk	$X_{1-1}, X_{2-2}, \dots, X_{1-n}$
	Variabel Pelanggan	$X_{2-1}, X_{2-2}, \dots, X_{2-n}$
	Variabel Pemakaian	$X_{3-1}, X_{3-2}, \dots, X_{3-n}$

#### 6.4.1.1. Hasil Percobaan untuk Model 1

Pada model 1, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.4. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE semakin meningkat. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3,34%** berada pada periode t-2 (INPUT 2) dengan hasil pelatihan sebesar **4.17%** sehingga untuk model 1 parameter jumlah *node* yang digunakan adalah dua (INPUT 2)



**Gambar 6.4 Hasil Uji *Node* Masukan Model 1**

#### 6.4.1.2. Hasil Percobaan untuk Model 2

Pada model 2, terdapat empat uji coba yang dilakukan untuk setiap kombinasi variabel. Model ini menggunakan kombinasi dari variabel pemakaian dan variabel pelanggan atau variabel penduduk.

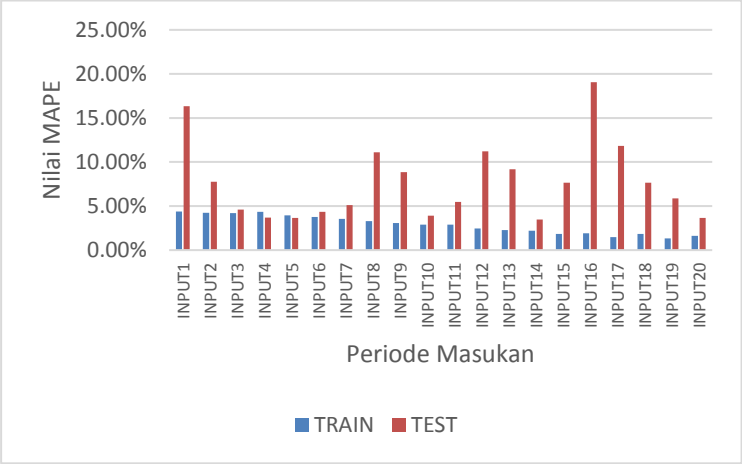
Untuk variabel pemakaian dan pelanggan, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.5. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun

hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE fluktuatif. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3,46%** berada pada periode t-14 (INPUT 14) dengan hasil pelatihan **2.19%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 28 (INPUT 14)

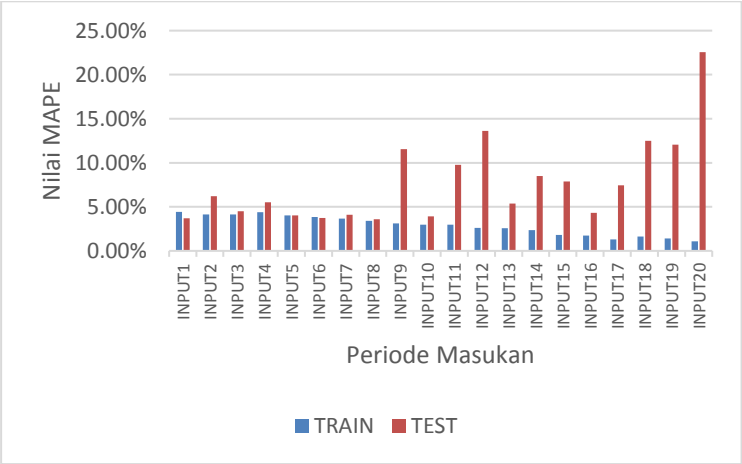
Untuk variabel pelanggan dan pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.6. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE semakin meningkat. Nilai terendah untuk hasil pengujian, **3.60%**, berada pada periode t-8 (INPUT 8) dengan hasil pelatihan **3.42%**, sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 16 (INPUT 8)

Untuk variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.7. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE fluktuatif. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.84%**, berada pada periode t-5 (INPUT 5) dengan hasil pelatihan **3.74%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 10 (INPUT 5)

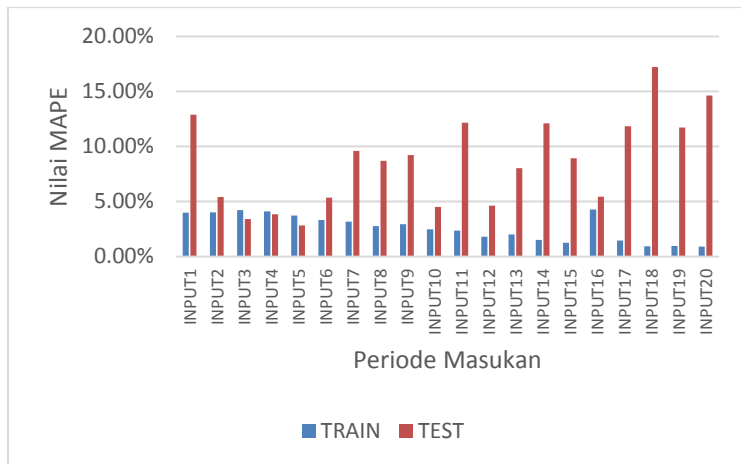
Untuk variabel penduduk dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.8. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE semakin meningkat. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.52%**, berada pada periode t-3 (INPUT 3) dengan hasil pelatihan **4.20%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 6 (INPUT 3)



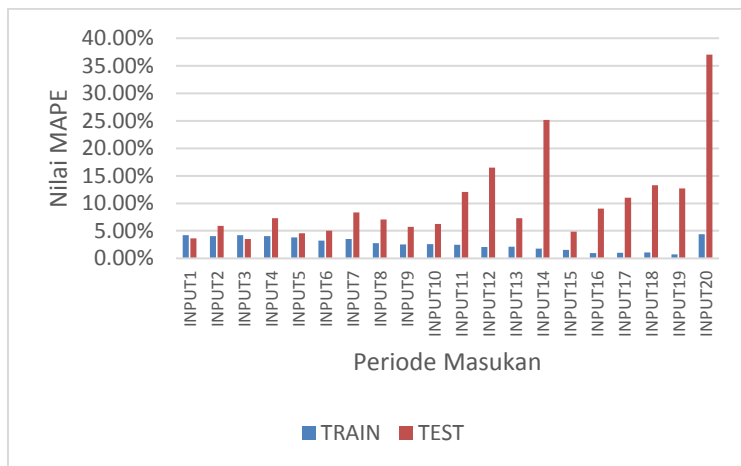
Gambar 6.5 Hasil Uji *Node* Masukan Model 2 Pemakaian-Pelanggan



Gambar 6.6 Hasil Uji *Node* Masukan Model 2 Pelanggan-Pemakaian



**Gambar 6.7 Hasil Uji *Node* Masukan Model 2 Pemakaian-Penduduk**



**Gambar 6.8 Hasil Uji *Node* Masukan Model 2 Penduduk-Pemakaian**

#### 6.4.1.3. Hasil Percobaan Model 3

Untuk model 3 terdapat enam uji coba yang dilakukan dengan kombinasi variabel yang berbeda. Untuk model ini, variabel pemakaian dikombinasikan dengan variabel pelanggan dan variabel penduduk.

Untuk variabel pemakaian, variabel pelanggan dan variabel penduduk, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.9. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE fluktuatif. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.62%** berada pada periode t-16 (INPUT 16) dengan hasil pelatihan **1.81%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 48 (INPUT 16)

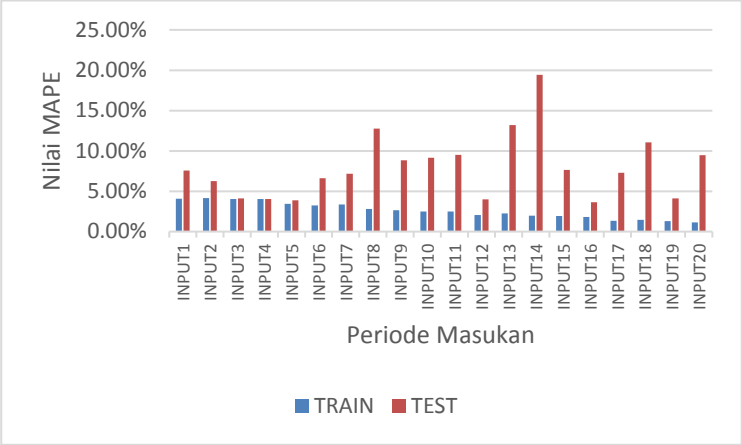
Untuk variabel pemakaian, variabel penduduk dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.10. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE semakin meningkat. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.18%** berada pada periode t-3 (INPUT 3) dengan hasil pelatihan **4.11%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 9 (INPUT 3)

Untuk variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.11. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE fluktuatif. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.09%** berada pada periode t-16 (INPUT 26) dengan hasil pelatihan **1.44%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 48 (INPUT 16)

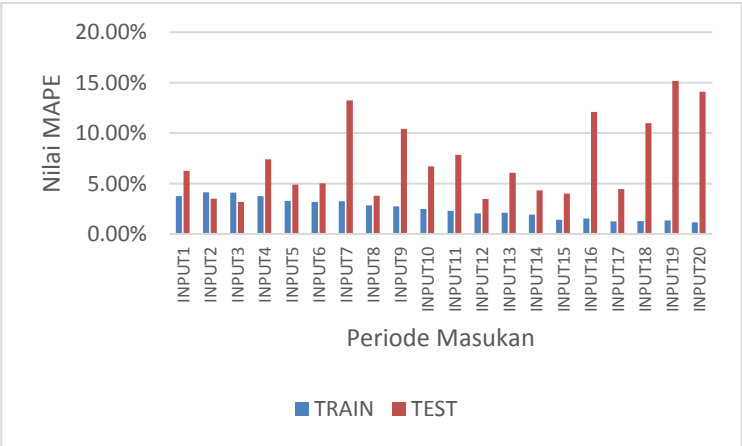
Untuk variabel pelanggan, variabel penduduk dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.12. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE fluktuatif. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.83%** berada pada periode t-9 (INPUT 9) dengan hasil pelatihan **2.67%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 27 (INPUT 9).

Untuk variabel penduduk, variabel pemakaian dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.13. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE fluktuatif. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.81%** berada pada periode t-11 (INPUT 11) dengan hasil pelatihan **2.43%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 33 (INPUT 11).

Untuk variabel penduduk, variabel pelanggan dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.14. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan tren yang terus menurun hingga masukan untuk periode t-20 (Input 20). Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan bahwa nilai MAPE semakin meningkat. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **4.99%** berada pada periode t-1 (INPUT 1) dengan hasil pelatihan **4.36%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* yang digunakan adalah 3 (INPUT 1).

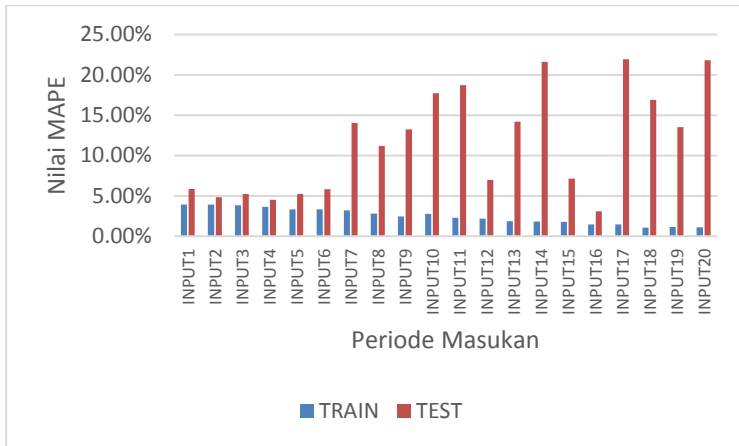


**Gambar 6.9 Hasil Uji *Node* Masukan Model 3 Pemakaian-Pelanggan-Penduduk**

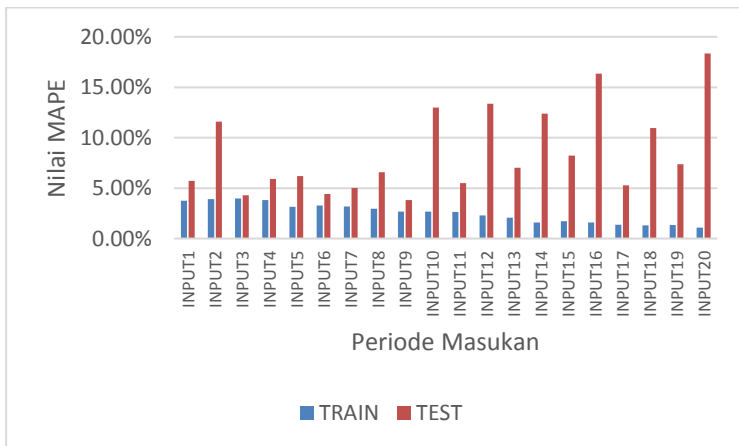


**Gambar 6.10 Hasil Uji *Node* Masukan Model 3 Pemakaian-Penduduk-Pelanggan**

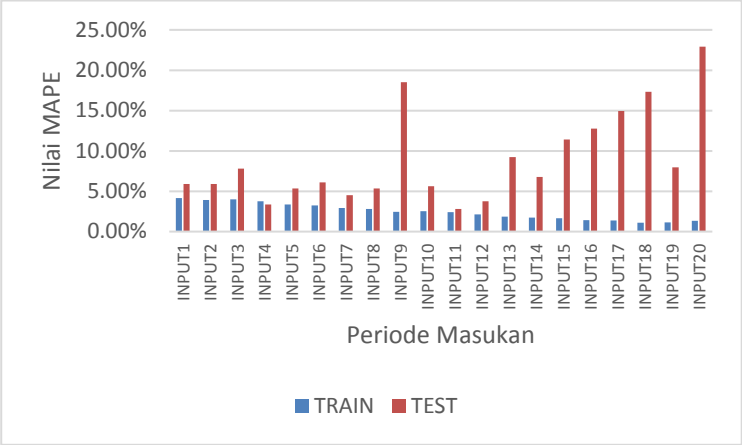




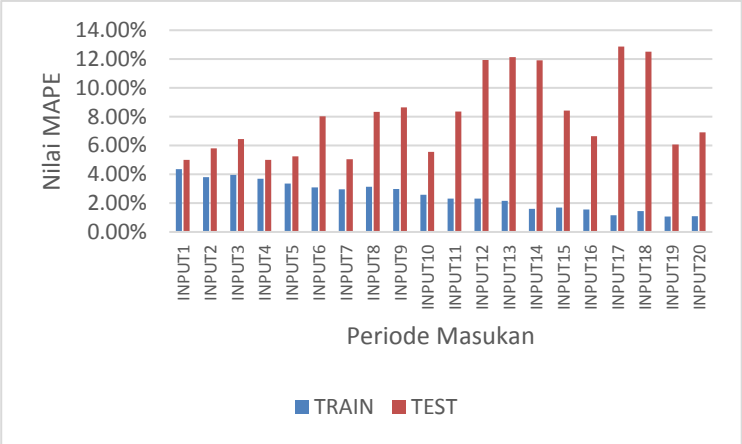
**Gambar 6.11 Hasil Uji *Node* Masukan Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk**



**Gambar 6.12 Hasil Uji *Node* Masukan Model 3 Pelanggan-Penduduk-Pemakaian**



Gambar 6.13 Hasil Uji *Node Masukan Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan*



Gambar 6.14 Hasil Uji *Node Masukan Model 3 Penduduk-Pelanggan-Pemakaian*

#### 6.4.2. Jumlah *Node* pada Lapisan Tersembunyi

Dari uji *node* masukan akan menghasilkan parameter terbaik untuk jumlah *node* masukan berdasarkan variabel yang digunakan serta periode variabel untuk masing-masing model. Jumlah *node* tersebut akan digunakan untuk melakukan pengujian jumlah *node* pada lapisan tersembunyi. Pengujian dilakukan terhadap masing-masing model dengan jumlah *node* pada lapisan tersembunyi mulai dari  $n$  hingga  $4n$ , dengan  $n$  merupakan jumlah *node* terbaik pada lapisan masukan. Tabel 6.3 menunjukkan jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang akan diuji coba untuk masing-masing kombinasi variabel. Data hasil pelatihan dan pengujian pada percobaan ini dapat dilihat pada **LAMPIRAN E HASIL UJI COBA NODE TERBAIK**.

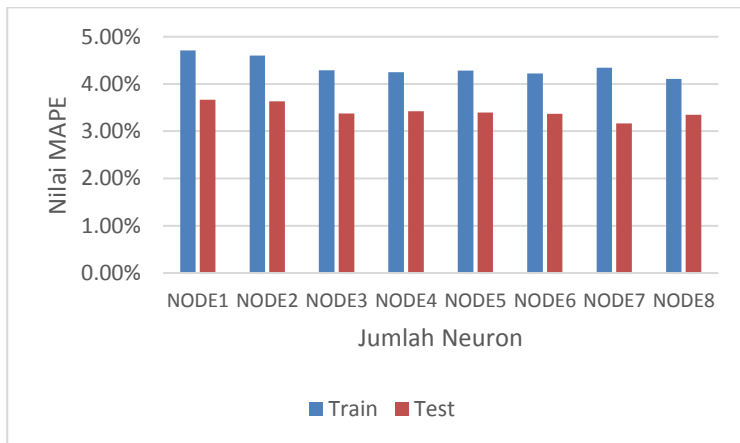
**Tabel 6.4 Jumlah *Node* Lapisan Tersembunyi Setiap Model**

Model	Variabel	Jumlah <i>Node</i> Masukan (Jumlah Periode Masukan)	Jumlah Pengujian <i>Node</i> Lapisan Tersembunyi
Model 1	Variabel Pemakaian	4 (2)	4 - 16
Model 2	Variabel Pemakaian Variabel Pelanggan	28 (14)	28 - 112
	Variabel Pelanggan Variabel Pemakaian	16 (8)	16 - 64
	Variabel Pemakaian Variabel Penduduk	10 (5)	10 - 40
	Variabel Penduduk Variabel Pemakaian	6 (3)	6 - 28
Model 3	Variabel Pemakaian Variabel Pelanggan Variabel Penduduk	48 (16)	48 - 192
	Variabel Pemakaian Variabel Penduduk Variabel Pelanggan	9 (3)	9 - 36
	Variabel Pelanggan Variabel Pemakaian Variabel Penduduk	48 (16)	48 - 192
	Variabel Pelanggan Variabel Penduduk	27 (9)	27 - 108

Model	Variabel	Jumlah <i>Node</i> Masukan (Jumlah Periode Masukan)	Jumlah Pengujian <i>Node</i> Lapisan Tersembunyi
	Variabel Pemakaian		
	Variabel Penduduk Variabel Pemakaian Variabel Pelanggan	33 (11)	33 – 132
	Variabel Penduduk Variabel Pelanggan Variabel Pemakaian	3 (1)	3 - 12

#### 6.4.2.1. Hasil Percobaan untuk Model 1

Pada model 1, hasil dari pengujian *node* masukan untuk model dengan variabel pemakaian dapat dilihat pada Gambar 6.15. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan Hal ini berbanding lurus dengan hasil pengujian yang juga tidak mengalami perubahan yang drastis.. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.17%** berada pada *node* ke-7 dengan hasil pelatihan **4.35%** sehingga untuk model 1 parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 7.



**Gambar 6.15 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 1**

#### 6.4.2.2. Hasil Percobaan untuk Model 2

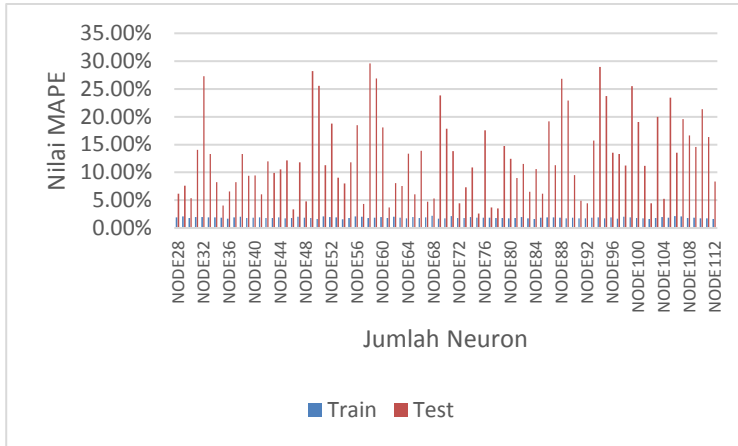
Untuk variabel pemakaian dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.16. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-112. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.623%** berada pada *node* ke-75 dengan hasil pelatihan **1.87%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 75.

Untuk variabel pelanggan dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.17. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-64. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.76%** berada pada *node* ke-46 dengan hasil pelatihan **3.19%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 46.

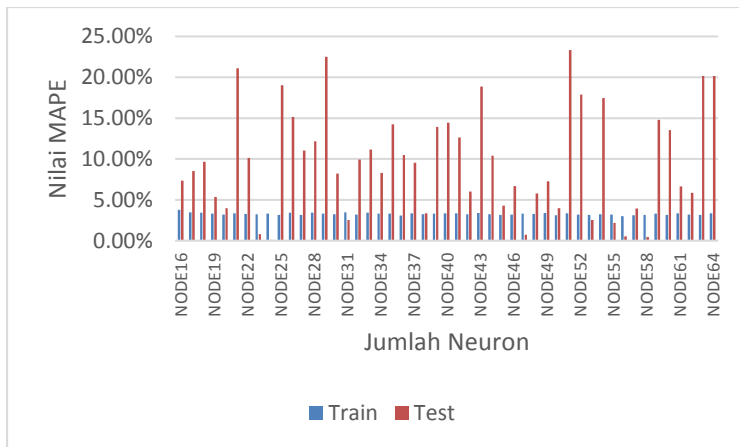
Untuk variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.18. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-40. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang cukup besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.84%** berada pada *node* ke-10 dengan hasil pelatihan **3.74%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 10.

Untuk variabel penduduk dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.19. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-24. Namun, hasil

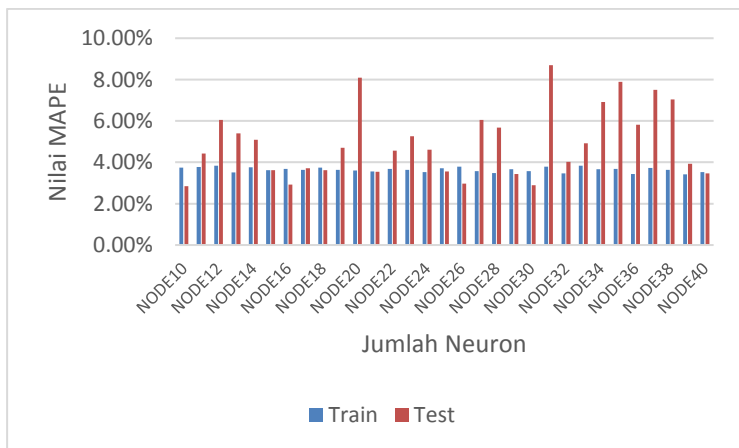
pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang tidak terlalu besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.65%** berada pada *node* ke-9 dengan hasil pelatihan **4.01%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 9.



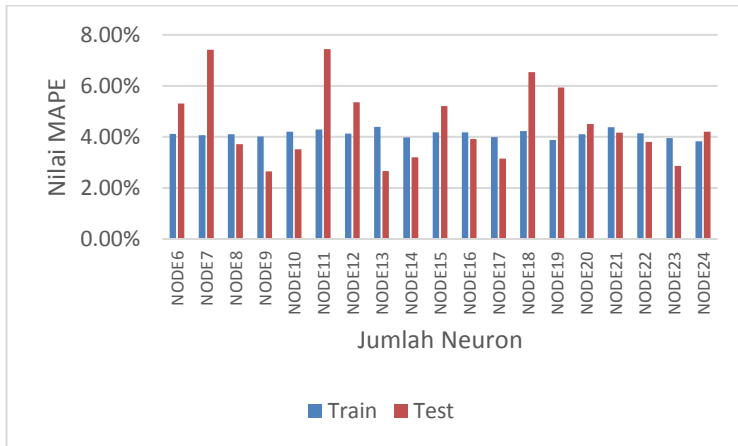
**Gambar 6.16 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 2 Pemakaian-Pelanggan**



**Gambar 6.17 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 2 Pelanggan-Pemakaian**



**Gambar 6.18 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 2 Pemakaian-Penduduk**



**Gambar 6.19 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 2 Penduduk-Pemakaian**

#### 6.4.2.3. Hasil Percobaan untuk Model 3

Untuk variabel pemakaian, variabel pelanggan dan variabel penduduk, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.20. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-192. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang sangat besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.89%** berada pada *node* ke-124 dengan hasil pelatihan **1.50%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 124.

Untuk variabel pemakaian, variabel penduduk dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.21. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-36. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang cukup besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.90%** berada pada *node* ke-15 dengan hasil pelatihan **3.95%** sehingga



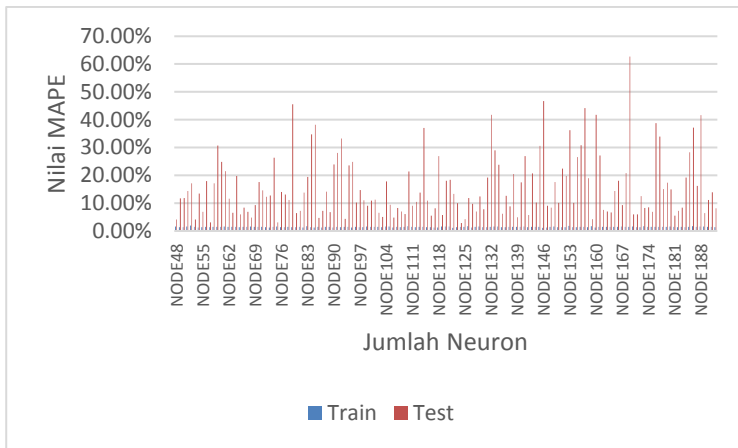
untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 15.

Untuk variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.22. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-192. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang sangat besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.46%** berada pada *node* ke-40 dengan hasil pelatihan **1.39%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 40.

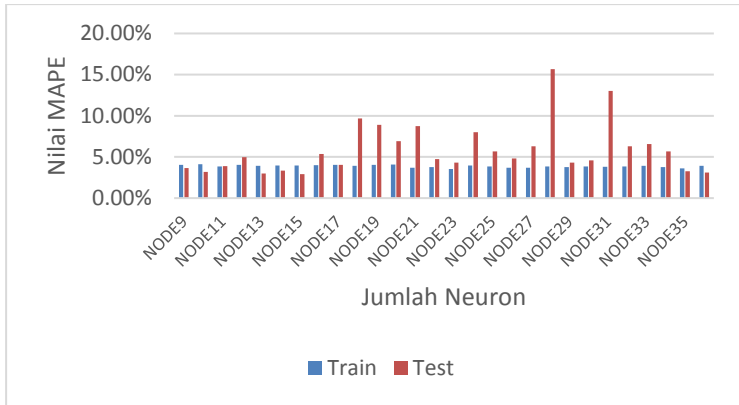
Untuk variabel pelanggan, variabel penduduk dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.23. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-108. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.25%** berada pada *node* ke-64 dengan hasil pelatihan **2.50%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 64.

Untuk variabel penduduk, variabel pemakaian dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.24. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-132. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.81%** berada pada *node* ke-10 dengan hasil pelatihan **2.43%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 10.

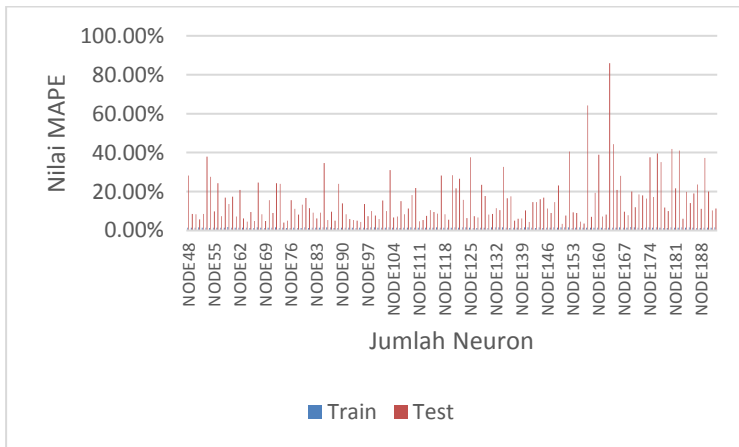
Untuk variabel penduduk, variabel pelanggan dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian *node* masukan dapat dilihat pada Gambar 6.25. Dari grafik tersebut, hasil dari pelatihan model menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan hingga *node* ke-12. Namun, hasil pengujian untuk model yang telah dilatih menunjukkan pola yang fluktuatif dengan rentang MAPE yang besar. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.18%** berada pada *node* ke-7 dengan hasil pelatihan **4.16%** sehingga untuk model ini parameter jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 7.



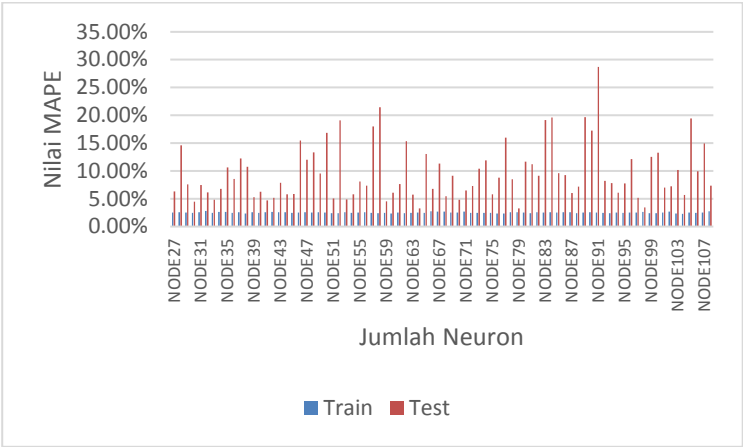
**Gambar 6.20 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 3 Pemakaian - Pelanggan-Penduduk**



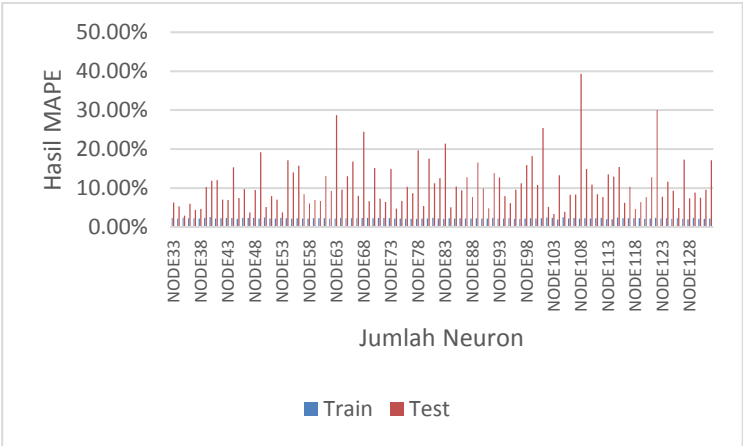
**Gambar 6.21 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 3 Pemakaian-Penduduk-Pelanggan**



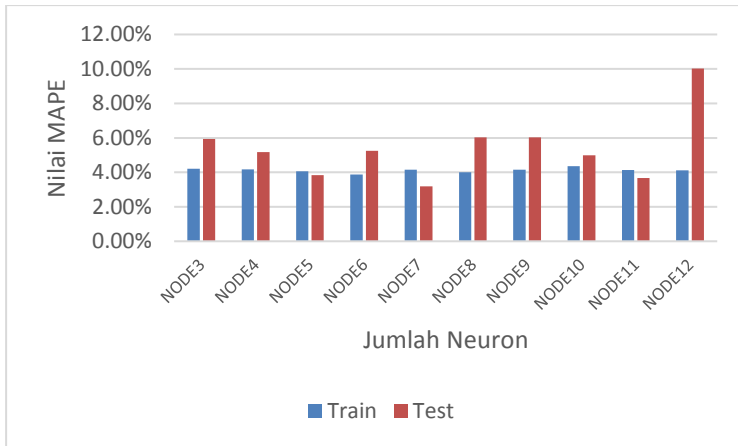
**Gambar 6.22 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk**



**Gambar 6.23 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 3 Pelanggan-Penduduk-Pemakaian**



**Gambar 6.24 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan**



**Gambar 6.25 Hasil Uji *Node* Tersembunyi Model 3 Penduduk-Pelanggan-Pemakaian**

#### 6.4.3. Jenis Fungsi Aktivasi

Dari uji *node* lapisan tersembunyi akan menghasilkan parameter terbaik untuk jumlah *node* lapisan tersembunyi masing-masing model. Jumlah *node* tersebut, bersama dengan jumlah *node* pada lapisan masukan, akan digunakan untuk melakukan pengujian jenis fungsi aktivasi yang digunakan. Pada tugas akhir ini, fungsi aktivasi yang diuji coba adalah fungsi aktivasi yang berada pada lapisan tersembunyi. Tabel 6.5 menunjukkan hasil dari pelatihan dan pengujian untuk fungsi aktivasi logsig dan tansig masing-masing kombinasi variabel. Sebagian besar dari hasil uji coba menunjukkan fungsi aktivasi tansig mampu memberikan nilai MAPE paling kecil, dan fungsi aktivasi logsig hanya lebih baik daripada tansig pada tiga kombinasi variabel, yaitu pada model 1 variabel pemakaian, model 3 variabel penduduk, variabel pemakaian dan variabel pelanggan serta model 3 variabel penduduk, variabel pelanggan, dan variabel pemakaian. Data hasil pelatihan dan pengujian pada percobaan ini dapat dilihat pada

LAMPIRAN

F

HASIL Uji Coba Fungsi Aktivasi Terbaik

Tabel 6.5 Hasil Uji Coba Fungsi Aktivasi

Model	Variabel	Pelatihan		Pengujian	
		LOGSIG	TANSIG	LOGSIG	TANSIG
Model 1	Variabel Pemakaian	4.34%	4.35%	3.14%	3.17%
Model 2	Variabel pemakaian Variabel pelanggan	7.57%	4.84%	9.33%	2.63%
	Variabel pelanggan Variabel pemakaian	3.70%	3.20%	6.60%	2.76%
	Variabel pemakaian Variabel penduduk	3.91%	3.74%	3.32%	2.84%
	Variabel penduduk Variabel pemakaian	4.29%	4.01%	6.31%	2.65%
Model 3	Variabel pemakaian Variabel pelanggan Variabel penduduk	2.46%	1.50%	5.58%	2.90%
	Variabel pemakaian Variabel penduduk Variabel pelanggan	4.29%	4.01%	6.31%	2.65%
	Variabel pelanggan Variabel pemakaian	2.46%	1.50%	5.58%	2.90%

Model	Variabel	Pelatihan		Pengujian	
		LOGSIG	TANSIG	LOGSIG	TANSIG
	Variabel penduduk				
	Variabel pelanggan Variabel penduduk Variabel pemakaian	3.26%	2.50%	4.14%	3.25%
	Variabel penduduk Variabel pemakaian Variabel pelanggan	2.91%	2.42%	2.34%	2.81%
	Variabel penduduk Variabel pelanggan Variabel pemakaian	4.30%	4.16%	2.83%	3.18%

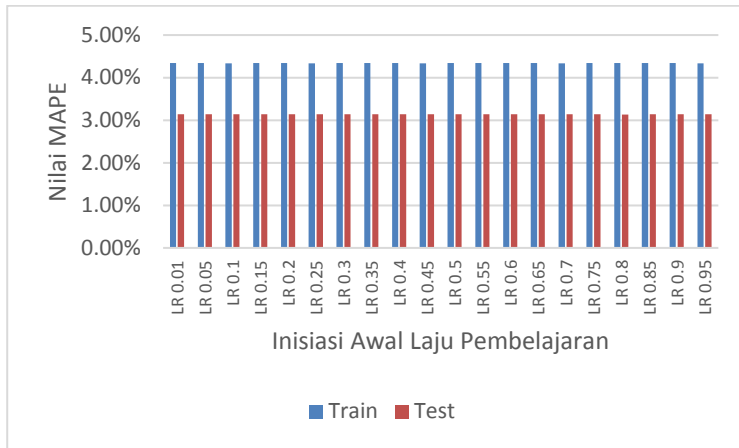
#### 6.4.4. Inisiasi Awal Laju Pembelajaran

Pada tahapan ini masing-masing model, dengan menggunakan parameter terbaik yang telah diuji coba sebelumnya, akan diuji coba untuk mencari nilai optimal dari inisiasi awal laju pembelajaran (*learning rate*). Laju pembelajaran dari model akan terus diperbarui selama proses pelatihan. Uji coba dilakukan dengan menggunakan inisiasi awal laju pembelajaran mulai dari 0.01 hingga 0.95. Data hasil pelatihan dan pengujian pada percobaan ini dapat dilihat pada **LAMPIRAN G HASIL UJI COBA LAJU PEMBELAJARAN TERBAIK**

##### 6.4.4.1. Hasil Percobaan untuk Model 1

Pada model 1, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.26. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah

untuk hasil pengujian, yaitu **3.13%** berada pada nilai 0.8 dengan hasil pelatihan **4.35%** sehingga untuk model 1 nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.8.



**Gambar 6.26 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 1**

#### 6.4.4.2. Hasil Percobaan untuk Model 2

Untuk variabel pemakaian dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.27. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.59%** berada pada nilai 0.75 dengan hasil pelatihan **1.88%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.75.

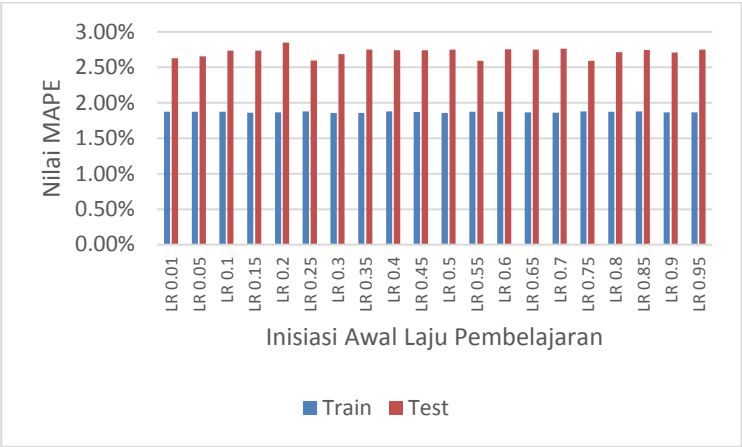
Untuk variabel pelanggan dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.39. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu



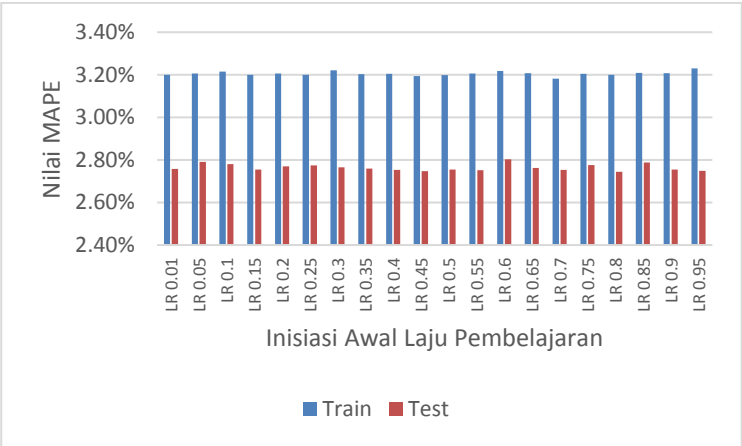
**2.75%** berada pada nilai 0.8 dengan hasil pelatihan **3.19%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.8.

Untuk variabel pemakaian-penduduk, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.29. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.78%** berada pada nilai 0.15 dengan hasil pelatihan **4.44%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.15.

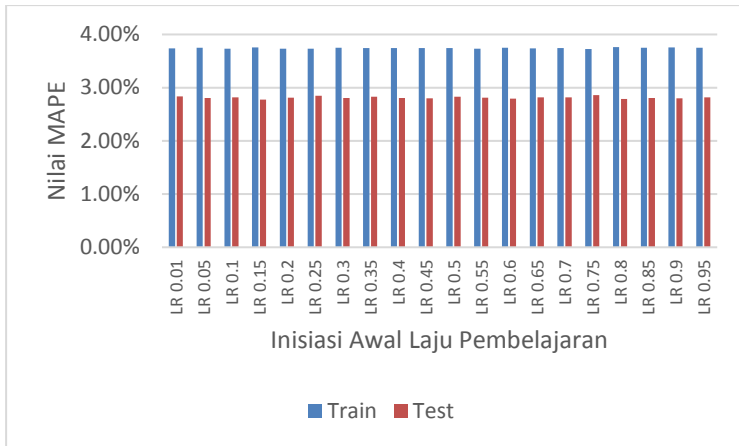
Untuk variabel penduduk dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.30. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.64%** berada pada nilai 0.4 dengan hasil pelatihan **6.04%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.4.



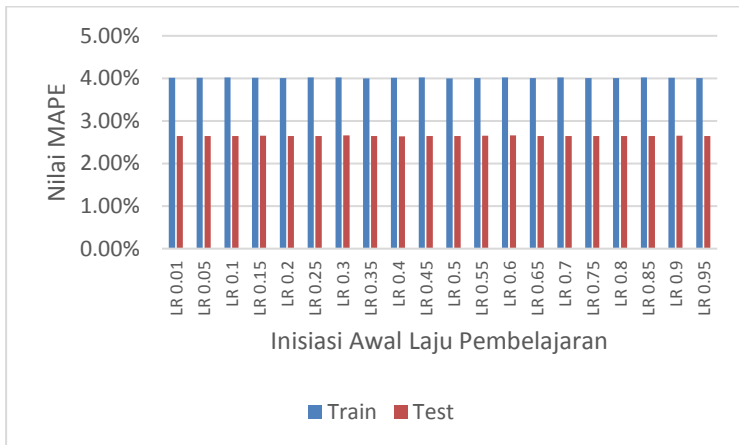
**Gambar 6.27 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2  
Pemakaian-Pelanggan**



**Gambar 6.28 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2  
Pelanggan-Pemakaian**



**Gambar 6.29 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2 Pemukaan-Penduduk**



**Gambar 6.30 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 2 Penduduk-Pemukaaian**

#### 6.4.4.3. Hasil Percobaan untuk Model 3

Untuk variabel pemakaian, variabel pelanggan dan variabel penduduk, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.31. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan pada setiap inisiasi awal laju pembelajaran tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Namun, pada hasil pengujian terdapat perbedaan yang cukup besar dan fluktuatif. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.89%** berada pada nilai 0.01 dengan hasil pelatihan **1.50%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.01.

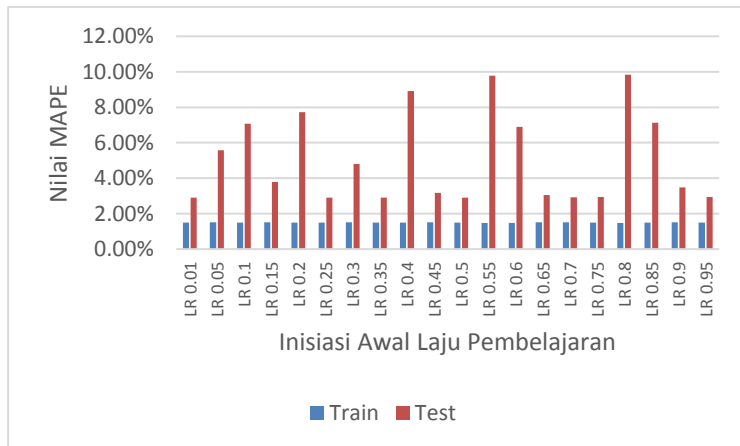
Untuk variabel pemakaian, variabel penduduk dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.32. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.86%** berada pada nilai 0.85 dengan hasil pelatihan **5.67%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.85.

Untuk variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.33. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.89%** berada pada nilai 0.7 dengan hasil pelatihan **1.40%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.7.

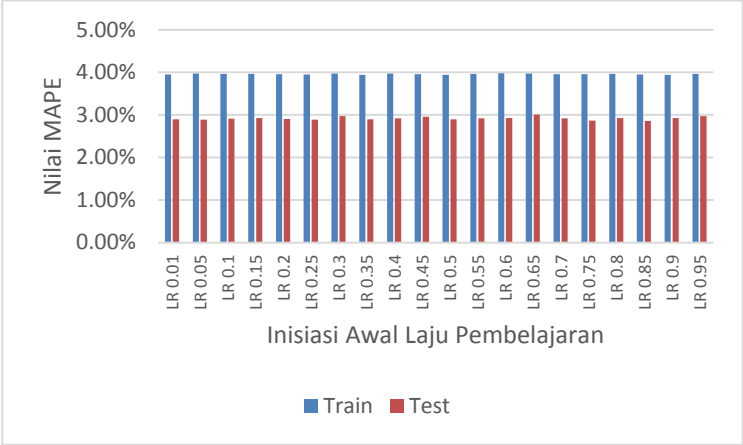
Untuk variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.34. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.25%** berada pada nilai 0.65 dengan hasil pelatihan **2.49%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.65.

Untuk variabel penduduk, variabel pemakaian dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.35. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.34%** berada pada nilai 0.2 dengan hasil pelatihan **2.91%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.2.

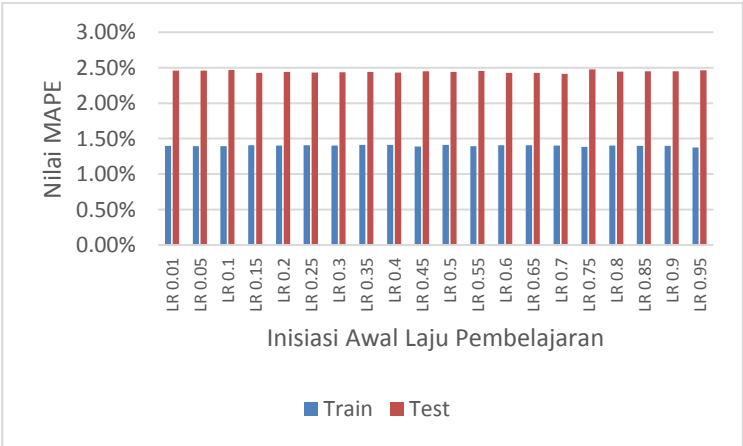
Untuk variabel penduduk, variabel pelanggan dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian inisiasi awal laju pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 6.36. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.83%** berada pada nilai 0.7 dengan hasil pelatihan **4.28%** sehingga untuk model ini nilai dari inisiasi awal laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.7.



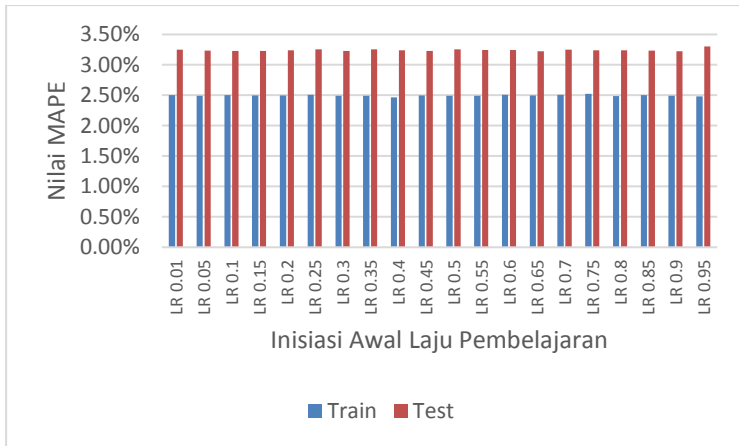
**Gambar 6.31 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3  
Pemakaian-Pelanggan-Penduduk**



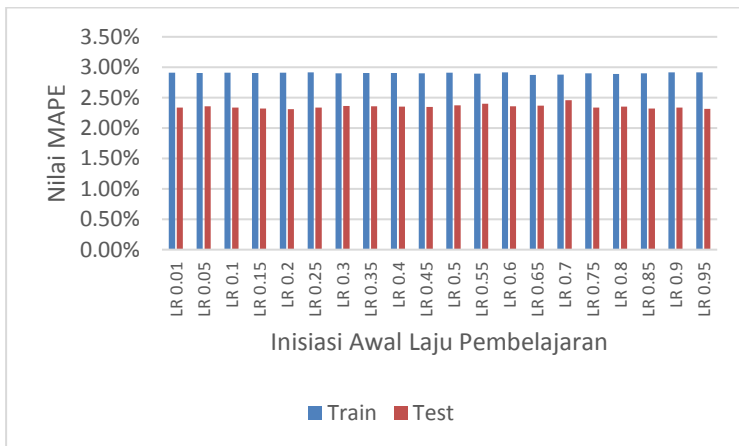
**Gambar 6.32 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Pemakaian-Penduduk-Pelanggan**



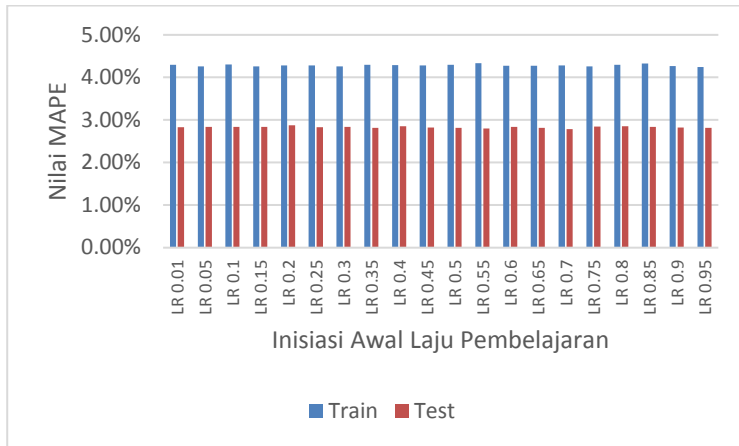
**Gambar 6.33 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk**



**Gambar 6.34 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Penduduk- Pemakaian -Pelanggan**



**Gambar 6.35 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan**



**Gambar 6.36 Hasil Uji Inisiasi Awal Laju Pembelajaran Model 3  
Penduduk-Pelanggan-Pemakaian**

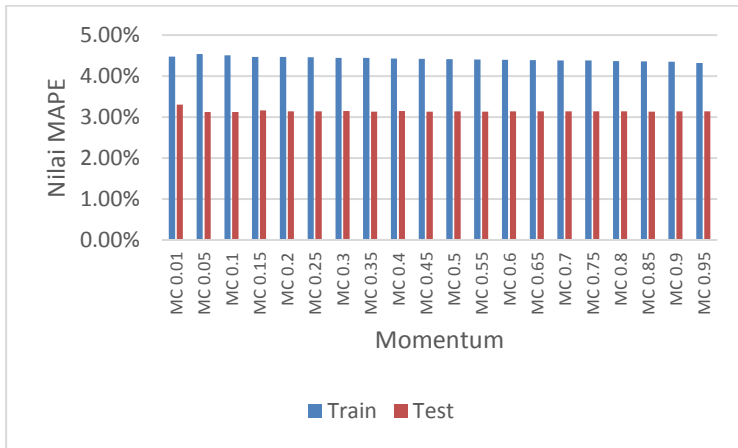
#### 6.4.5. Momentum

Pada tahapan ini masing-masing model, dengan menggunakan parameter terbaik yang telah diuji coba sebelumnya, akan diuji coba untuk mencari nilai optimal dari momentum. Uji coba dilakukan dengan menggunakan inisiasi awal laju pembelajaran mulai dari 0.01 hingga 0.95. Data hasil pelatihan dan pengujian pada percobaan ini dapat dilihat pada **LAMPIRAN H HASIL UJI COBA MOMENTUM TERBAIK**

##### 6.4.5.1. Hasil Percobaan untuk Model 1

Pada model 1, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.37. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.12%** berada pada nilai 0.05 dengan hasil pelatihan **4.28%** sehingga untuk model 1 nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.05.





**Gambar 6.37 Hasil Uji Momentum Model 1**

#### 6.4.5.2. Hasil Percobaan untuk Model 2

Untuk variabel pemakaian dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.38. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan menunjukkan tren menurun seiring bertambahnya nilai momentum. Namun, hasil pengujian cenderung fluktuatif meskipun tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.30%** berada pada nilai 0.01 dengan hasil pelatihan **2.70%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.01.

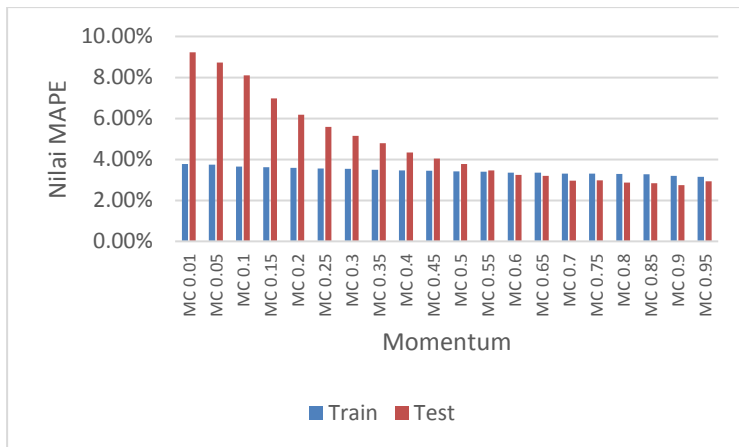
Untuk variabel pelanggan dan variabel penduduk, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.39. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan cenderung stabil seiring bertambahnya nilai momentum. Namun, hasil pengujian menunjukkan tren menurun hingga momentum 0.9 sebelum kembali naik. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.75%** berada pada nilai 0.9 dengan hasil pelatihan **3.19%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.9.

Untuk variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.40. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan cenderung stabil seiring dengan bertambahnya nilai momentum. Namun, hasil pengujian menunjukkan tren menurun hingga momentum 0.25 sebelum stabil. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.65%** berada pada nilai 0.5 dengan hasil pelatihan **3.76%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.5.

Untuk variabel penduduk dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.41. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan cenderung stabil seiring dengan bertambahnya nilai momentum. Namun, hasil pengujian menunjukkan tren menurun yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.62%** berada pada nilai 0.95 dengan hasil pelatihan **3.99%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.95.



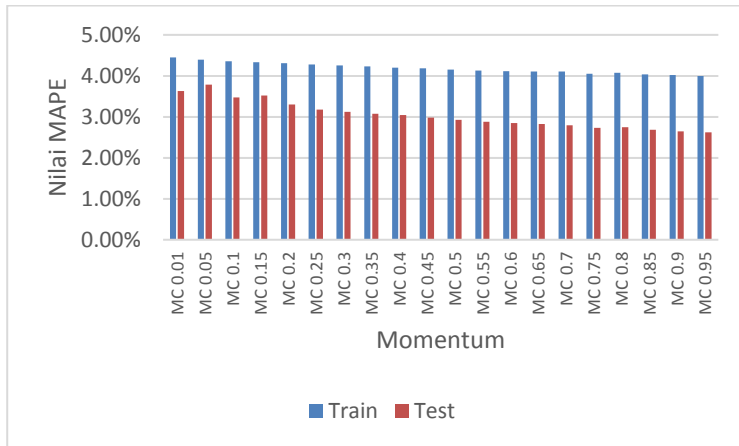
**Gambar 6.38 Hasil Uji Momentum Model 2 Pemakaian-Pelanggan**



**Gambar 6.39 Hasil Uji Momentum Model 2 Pelanggan-Pemakaian**



**Gambar 6.40 Hasil Uji Momentum Model 2 Pemakaian-Penduduk**



**Gambar 6.41 Hasil Uji Momentum Model 2 Penduduk-Pemakaian**

#### 6.4.5.3. Hasil Percobaan untuk Model 3

Untuk variabel pemakaian, variabel pelanggan dan variabel penduduk, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.42. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan cenderung stabil seiring dengan bertambahnya nilai momentum. Namun, hasil pengujian terlihat fluktuatif dengan penurunan pada momentum cukup drastis pada 0.05. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.89%** berada pada nilai 0.9 dengan hasil pelatihan **1.50%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.9.

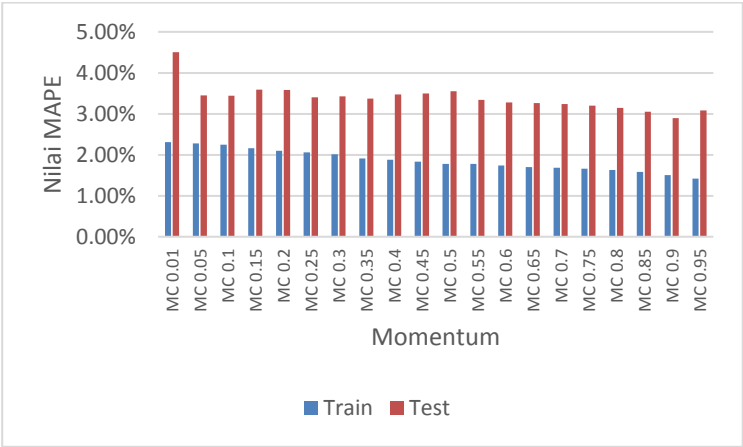
Untuk variabel pemakaian, variabel penduduk dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.43. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.52%** berada pada nilai 0.4 dengan hasil pelatihan **4.16%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.4.

Untuk variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.44. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan cenderung stabil seiring dengan bertambahnya nilai momentum. Namun, hasil pengujian terlihat fluktuatif dengan penurunan pada momentum cukup drastis pada 0.2. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.28%** berada pada nilai 0.3 dengan hasil pelatihan **1.93%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.3.

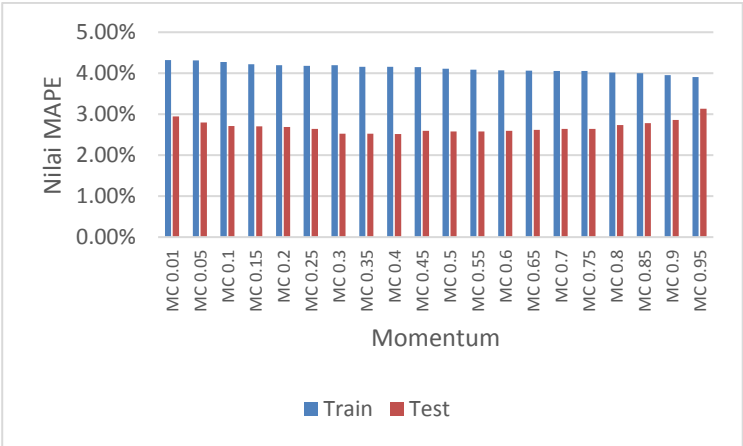
Untuk variabel pelanggan, variabel penduduk dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar Gambar 6.45. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan cenderung stabil seiring dengan bertambahnya nilai momentum. Hasil pengujian terlihat stabil dengan penurunan pada momentum cukup drastis pada 0.05. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **3.23%** berada pada nilai 0.9 dengan hasil pelatihan **2.49%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.9.

Untuk variabel penduduk, variabel pemakaian dan variabel pelanggan, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.46. Dari grafik tersebut, hasil pelatihan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya nilai momentum. Hasil pengujian terlihat stabil dengan penurunan hingga pada momentum 0.35. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.31%** berada pada nilai 0.35 dengan hasil pelatihan **3.31%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.35.

Untuk variabel penduduk, variabel pelanggan dan variabel pemakaian, hasil dari pengujian momentum dapat dilihat pada Gambar 6.47. Dari grafik tersebut, baik hasil pelatihan dalam uji coba maupun hasil pengujian sama-sama menunjukkan perubahan yang tidak signifikan.. Nilai terendah untuk hasil pengujian, yaitu **2.61%** berada pada nilai 0.6 dengan hasil pelatihan **4.54%** sehingga untuk model ini nilai dari momentum yang digunakan adalah 0.6.



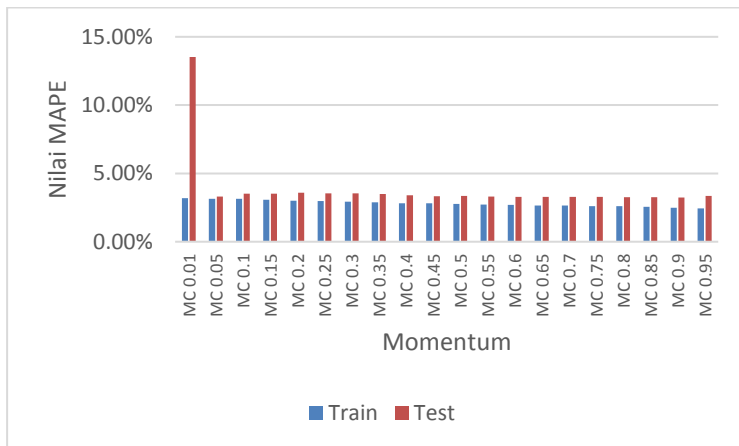
**Gambar 6.42 Hasil Uji Momentum Model 3 Pemakaian-Pelanggan-Penduduk**



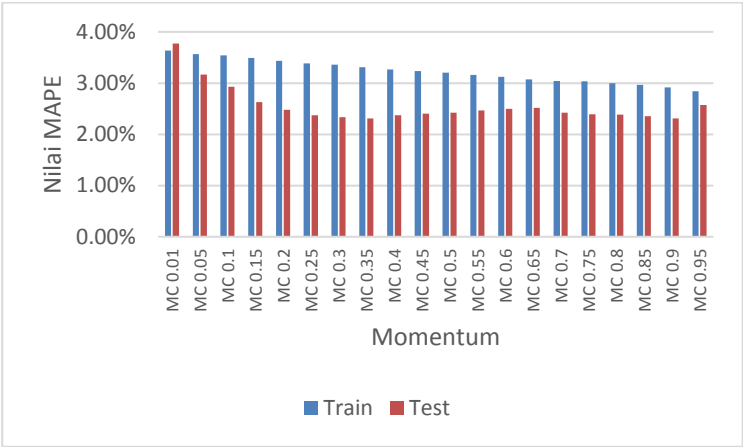
**Gambar 6.43 Hasil Uji Momentum Model 3 Pemmakaian-Pelanggan-Penduduk**



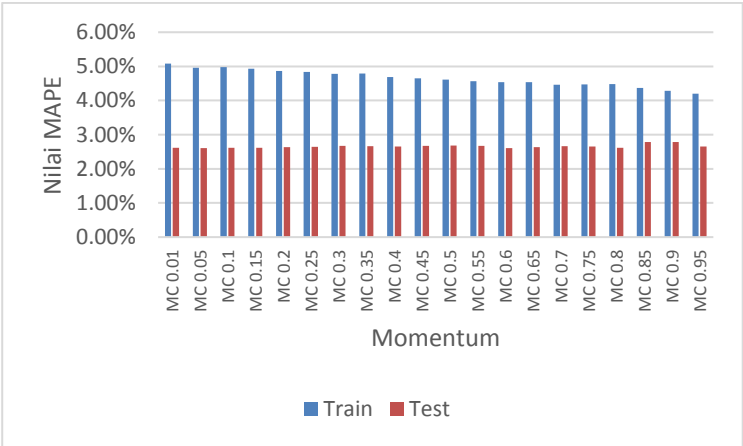
**Gambar 6.44 Hasil Uji Momentum Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk**



**Gambar 6.45 Hasil Uji Momentum Model 3 Pelanggan-Penduduk-Pemakaian**



**Gambar 6.46 Hasil Uji Momentum Model 3 Penduduk-Pemakaian-Pelanggan**



**Gambar 6.47 Hasil Uji Momentum Model 3 penduduk-Pelanggan-Pemakaian**



#### 6.4.6. Kesimpulan Hasil Percobaan

Dari tahapan percobaan di atas, telah didapatkan parameter-parameter yang optimal untuk masing-masing model. Parameter tersebut dipilih berdasarkan hasil pengujian yang paling rendah, sehingga setiap model yang dihasilkan memiliki tingkat *MAPE* yang paling rendah. Tabel 6.6 menunjukkan kesimpulan dari seluruh percobaan struktur dan parameter dari model *neural network*. Berikut rangkuman model terbaik dari masing-masing kombinasi variabel

- a. Model 1 dengan variabel pemakaian kategori rumah tangga saja dengan parameter *node* masukan 7 (periode 7 bulan sebelumnya), *node* pada lapisan tersembunyi sebanyak 7, fungsi aktivasi sigmoid (logsig), nilai inisiasi awal laju pembelajaran sebesar 0.8 dan nilai momentum sebesar 0.05.
- b. Model 2 dengan variabel pemakaian dan variabel pelanggan kategori rumah tangga dengan parameter *node* masukan 28 (periode 14 bulan sebelumnya), *node* pada lapisan tersembunyi sebanyak 75, fungsi aktivasi *hyperbolic tangent* (tansig), nilai inisiasi awal laju pembelajaran sebesar 0.75 dan nilai momentum sebesar 0.01.
- c. Model 2 dengan variabel jumlah penduduk dan variabel pemakaian kategori rumah tangga dengan parameter *node* masukan 6 (periode 3 bulan sebelumnya), *node* pada lapisan tersembunyi sebanyak 9, fungsi aktivasi *hyperbolic tangent* (tansig), nilai inisiasi awal laju pembelajaran sebesar 0.4 dan nilai momentum sebesar 0.95.
- d. Model 3 dengan variabel pelanggan dan variabel pelanggan untuk kategori rumah tangga serta variabel jumlah penduduk dengan parameter *node* masukan 7 (periode 7 bulan sebelumnya), *node* pada lapisan tersembunyi sebanyak 7, *hyperbolic tangent* (tansig), nilai inisiasi awal laju pembelajaran sebesar 0.7 dan nilai momentum sebesar 0.3.

Tabel 6.6 Parameter Terbaik Model

Model	Variabel	Jumlah <i>Node</i> Masukan (Jumlah Periode Masukan)	<i>Node</i> Lapisan Tersembunyi	Fungsi Aktivasi	Inisiasi Awal Learning Rate	Momentum
Model 1	Variabel Pemakaian	4 (2)	7	LOGSIG	0.8	0.05
Model 2	Variabel pemakaian Variabel pelanggan	28 (14)	75	TANSIG	0.75	0.01
	Variabel pelanggan Variabel pemakaian	16 (8)	46	TANSIG	0.8	0.9
	Variabel pemakaian Variabel penduduk	10 (5)	10	TANSIG	0.15	0.5
	Variabel penduduk Variabel pemakaian	6 (3)	9	TANSIG	0.4	0.95
	Variabel pemakaian Variabel pelanggan Variabel penduduk	48 (16)	124	TANSIG	0.01	0.9
Model 3	Variabel pemakaian Variabel penduduk Variabel pelanggan	9 (3)	15	TANSIG	0.85	0.4
	Variabel pelanggan Variabel pemakaian Variabel penduduk	48 (16)	40	TANSIG	0.7	0.3
	Variabel pelanggan	27 (9)	64	TANSIG	0.65	0.9

<b>Model</b>	<b>Variabel</b>	<b>Jumlah <i>Node</i> Masukan (Jumlah Periode Masukan)</b>	<b><i>Node</i> Lapisan Tersembunyi</b>	<b>Fungsi Aktivasi</b>	<b>Inisiasi Awal Learning Rate</b>	<b>Momentum</b>
	Variabel penduduk Variabel pemakaian					
	Variabel penduduk Variabel pemakaian Variabel pelanggan	33 (11)	10	LOGSIG	0.2	0.35
	Variabel penduduk Variabel pelanggan Variabel pemakaian	3 (1)	7	LOGSIG	0.7	0.6

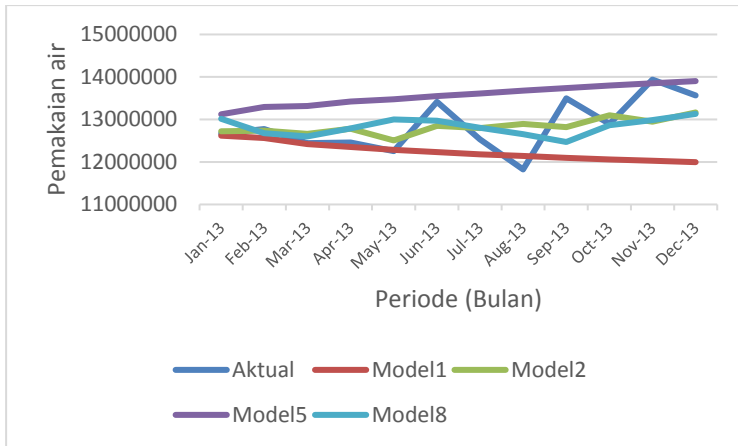
## 6.5. Validasi Model

Validasi model digunakan untuk mengetahui validitas dari model terbaik yang telah diuji coba terhadap kondisi riil yang ada di perusahaan. Dalam tahapan ini, model yang divalidasi adalah model terbaik untuk masing-masing kombinasi variabel. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, model terbaik yang akan divalidasi adalah model 1 dengan variabel pemakaian, model 2 dengan variabel pemakaian dan variabel pelanggan, model 2 dengan variabel penduduk dan variabel pemakaian dan model 3 dengan variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk. Validasi dilakukan untuk satu tahun pertama (2013), dua tahun (2013-2014) dan tiga tahun (2013-2015). Validasi dilakukan secara bulanan dalam rentang tahunan karena proses pengambilan keputusan mengenai berapa jumlah produksi air yang harus dilakukan oleh PDAM Surya Sembada dilakukan secara tahunan. Hasil Validasi dapat dilihat pada **LAMPIRAN I**.

### 6.5.1. Validasi Satu Tahun

Model 1 dengan variabel pemakaian, model 2 dengan variabel pemakaian dan variabel pelanggan, model 2 dengan variabel penduduk dan variabel pemakaian dan model 3 dengan variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk divalidasi dengan menggunakan data pemakaian air tahun 2013. Model-model tersebut digunakan untuk meramalkan data pemakaian air tahun 2013 dan hasilnya akan dibandingkan dengan data aktual. Gambar 6.48 menunjukkan perbandingan antara data peramalan dari masing-masing model dengan data aktual di tahun 2013.

Tabel 6.7 menunjukkan nilai MAPE untuk masing-masing model. Masing-masing model memiliki hasil yang cukup baik untuk meramalkan tahun pertama. Dari hasil validasi, model 2 dengan variabel pemakaian dan variabel pelanggan serta model 3 dengan variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk memiliki tingkat MAPE yang paling rendah dengan nilai 3.26% dan 3.66%.



**Gambar 6.48 Hasil Validasi Model Tahun 2013**

**Tabel 6.7 Nilai MAPE Validasi Model Tahun 2013**

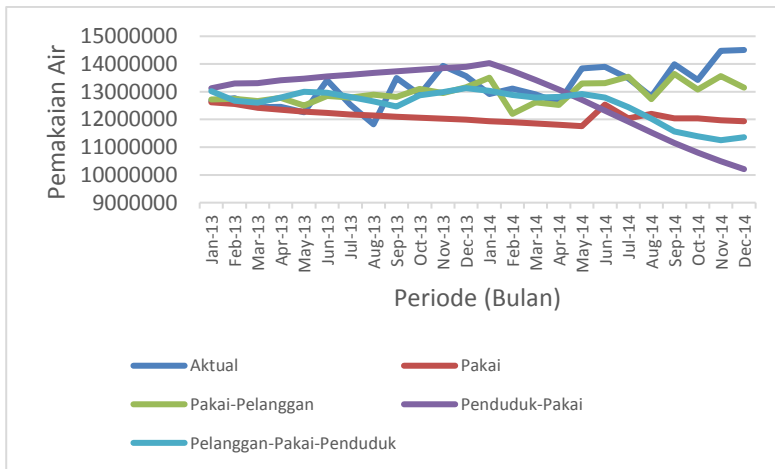
Model	Rata-Rata MAPE
Model 1 Pemakaian	4.965436%
Model 2 Pemakaian-Pelanggan	3.254673%
Model 2 Penduduk-Pemakaian	5.796690%
Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk	3.660660%

### 6.5.2. Validasi Dua Tahun

Model 1 dengan variabel pemakaian, model 2 dengan variabel pemakaian dan variabel pelanggan, model 2 dengan variabel penduduk dan variabel pemakaian dan model 3 dengan variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk divalidasi dengan menggunakan data pemakaian air tahun 2014. Model-model tersebut digunakan untuk meramalkan data pemakaian air tahun 2014 dan hasilnya akan dibandingkan dengan data aktual. Untuk pelatihan model, hasil dari validasi pada tahun 2013 juga

diolah untuk mengetahui kemampuan model dalam meramalkan jangka waktu yang panjang. Gambar 6.49 menunjukkan perbandingan antara data peramalan dari masing-masing model dengan data aktual di tahun 2014.

Tabel 6.8 menunjukkan nilai MAPE untuk masing-masing model. Dari hasil validasi, hampir seluruh model mengalami kenaikan MAPE yang signifikan apabila dibandingkan dengan validasi pada tahun 2013. Hanya model 2 dengan variabel pemakaian dan pelanggan yang kinerjanya masih baik dalam peramalan untuk tahun kedua.



**Gambar 6.49 Hasil Validasi Model Tahun 2014**

**Tabel 6.8 Nilai MAPE Validasi Model Tahun 2014**

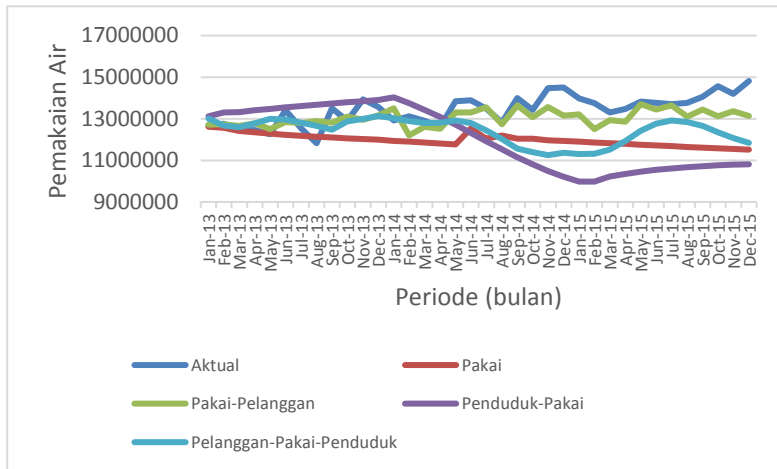
Model	Rata-Rata MAPE Tahun 1	Rata-Rata MAPE Tahun 2
Model 1 Pemakaian	4.965436%	10.92336%
Model 2 Pemakaian-Pelanggan	3.254673%	3.70177%

Model 2 Penduduk-Pemakaian	5.796690%	13.27586%
Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk	3.660660%	9.17934%

### 6.5.3. Validasi Tiga Tahun

Model 1 dengan variabel pemakaian, model 2 dengan variabel pemakaian dan variabel pelanggan, model 2 dengan variabel penduduk dan variabel pemakaian dan model 3 dengan variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk divalidasi dengan menggunakan data pemakaian air tahun 2015. Model-model tersebut digunakan untuk meramalkan data pemakaian air tahun 2015 dan hasilnya akan dibandingkan dengan data aktual. Untuk pelatihan model, hasil dari validasi pada tahun 2013 dan 2014 juga diolah untuk mengetahui kemampuan model dalam meramalkan jangka waktu yang panjang. Gambar 6.50 menunjukkan perbandingan antara data peramalan dari masing-masing model dengan data aktual di tahun 2014.

Tabel 6.9 menunjukkan nilai MAPE untuk masing-masing model. Dari hasil validasi, hampir seluruh model mengalami kenaikan MAPE yang signifikan apabila dibandingkan dengan validasi pada tahun 2013 dan 2014. Hanya model 2 dengan variabel pemakaian dan pelanggan yang kinerjanya masih cukup baik dalam peramalan untuk tahun ketiga.



**Gambar 6.50 Hasil Validasi Model Tahun 2015**

**Tabel 6.9 Nilai MAPE Validasi Model Tahun 2015**

Model	Rata-Rata MAPE Tahun 1	Rata-Rata MAPE Tahun 2	Rata-Rata MAPE Tahun 3
Model 1 Pemakaian	4.965436%	10.92336%	15.9265%
Model 2 Pemakaian-Pelanggan	3.254673%	3.70177%	5.1680%
Model 2 Penduduk-Pemakaian	5.796690%	13.27586%	24.6755%
Model 3 Pelanggan-Pemakaian-Penduduk	3.660660%	9.17934%	12.6334%

#### 6.5.4. Analisis Hasil Validasi

Dari proses validasi selama tiga tahun, hanya model 2 yang menggunakan variabel pemakaian dan pelanggan yang kinerjanya



masih baik dibandingkan dengan model lain yang pada tahun kedua dan tahun ketiga menurun kinerjanya.

Untuk model 1, kinerja untuk tahun kedua dan ketiga menurun diakibatkan ketidakmampuan model dalam membaca pola data dengan baik dan tidak ada variabel lain yang mendukung dalam pembacaan pola model.

Untuk model 2 variabel penduduk dan variabel pemakaian dengan model 3 variabel pelanggan, variabel pemakaian dan variabel penduduk, kinerja untuk tahun kedua dan ketiga peramalan yang menurun disebabkan oleh data jumlah penduduk yang justru mengganggu pembelajaran model. Data jumlah penduduk cenderung menunjukkan pola linear yang tidak sesuai dengan pola pemakaian air dan pola jumlah pelanggan yang cenderung fluktuatif namun menunjukkan tren naik. Selain itu, hasil interpolasi untuk tahun 2013 dan 2014 yang menunjukkan tren menurun sehingga ekstrapolasi untuk tahun 2015 juga ikut menurun menyebabkan pola data jumlah penduduk tidak sesuai dengan pola data pemakaian dan pola jumlah pelanggan.

**LAMPIRAN A**  
**DATA PEMAKAIAN AIR DAN JUMLAH PELANGGAN**  
**KATEGORI RUMAH TANGGA PDAM SURYA**  
**SEMBADA SURABAYA**

Tabel A.1 menunjukkan data bulanan pemakaian air dan jumlah pelanggan untuk kategori rumah tangga dari tahun 2001 hingga 2015 di PDAM Surya Sembada Surabaya.

**Tabel A.1 Data Pemakaian Air dan Pelanggan**

Tahun-Bulan	Jumlah Pelanggan	Pemakaian
200101	94,867	3,313,147
200102	87,788	3,114,136
200103	96,942	3,438,305
200104	117,780	4,024,909
200105	118,173	4,280,645
200106	170,053	6,061,743
200107	231,143	8,092,826
200108	245,300	8,511,022
200109	248,455	8,917,324
200110	250,317	8,976,539
200111	268,900	9,606,337
200112	269,990	9,315,173
200201	293,933	10,198,165
200202	290,141	9,756,668
200203	295,722	9,584,058
200204	296,780	9,547,851
200205	297,876	10,543,713
200206	299,419	10,674,577
200207	300,606	10,632,275
200208	301,934	10,585,546

**Tabel A.1 Data Pemakaian Air dan Pelanggan  
(lanjutan)**

Tahun-Bulan	Jumlah Pelanggan	Pemakaian
200209	303,003	10,826,370
200210	304,434	11,089,222
200211	305,653	11,139,600
200212	305,491	10,587,484
200301	306,686	10,634,136
200302	307,053	9,604,907
200303	308,174	9,513,618
200304	309,334	9,415,425
200305	310,136	9,963,354
200306	311,361	10,547,291
200307	313,156	10,987,509
200308	316,343	11,253,573
200309	317,696	11,607,130
200310	319,455	11,804,063
200311	320,642	11,338,168
200312	321,404	11,427,891
200401	322,331	11,965,577
200402	323,532	11,023,314
200403	325,831	11,380,990
200404	327,129	11,439,361
200405	328,803	11,399,118
200406	330,332	12,159,168
200407	331,574	11,763,752
200408	332,893	11,507,804
200409	334,260	12,099,475
200410	335,455	12,258,785
200411	335,941	11,553,164

**Tabel A.1 Data Pemakaian Air dan Pelanggan  
(lanjutan)**

Tahun-Bulan	Jumlah Pelanggan	Pemakaian
200412	336,210	13,015,579
200501	336,692	12,301,997
200502	337,339	12,383,249
200503	338,198	11,719,146
200504	339,165	11,859,723
200505	339,576	10,353,094
200506	340,448	9,299,726
200507	341,100	12,422,241
200508	341,712	12,107,246
200509	342,656	11,988,539
200510	343,164	12,760,477
200511	343,957	11,794,540
200512	345,134	13,156,786
200601	329,072	10,986,163
200602	330,950	11,168,499
200603	321,111	9,665,017
200604	321,866	9,450,384
200605	322,476	10,090,464
200606	324,173	9,950,162
200607	326,404	10,401,082
200608	327,819	10,039,037
200609	328,398	10,720,405
200610	329,224	10,472,736
200611	329,747	10,316,842
200612	330,520	11,349,462
200701	331,721	10,596,721
200702	332,614	10,422,510

**Tabel A.1 Data Pemakaian Air dan Pelanggan  
(lanjutan)**

Tahun-Bulan	Jumlah Pelanggan	Pemakaian
200703	333,231	10,517,334
200704	333,898	10,173,830
200705	334,582	10,643,200
200706	336,091	10,644,777
200707	338,216	10,874,248
200708	339,739	10,634,204
200709	341,806	11,342,626
200710	344,411	10,700,738
200711	345,801	11,357,917
200712	347,988	12,039,083
200801	349,317	10,847,521
200802	350,227	11,298,449
200803	350,835	10,523,258
200804	351,245	11,009,588
200805	351,897	10,435,407
200806	352,737	11,052,110
200807	354,054	10,779,472
200808	355,453	10,598,485
200809	356,362	10,640,051
200810	357,779	10,407,194
200811	359,540	11,684,788
200812	360,725	11,474,778
200901	361,258	10,767,119
200902	361,807	10,586,058
200903	362,738	10,197,768
200904	363,631	10,304,461
200905	364,737	10,950,046

**Tabel A.1 Data Pemakaian Air dan Pelanggan  
(lanjutan)**

Tahun-Bulan	Jumlah Pelanggan	Pemakaian
200906	365,820	10,800,307
200907	367,295	10,925,571
200908	368,208	11,047,237
200909	369,304	11,199,666
200910	370,201	10,766,114
200911	371,315	11,464,239
200912	372,528	11,946,450
201001	373,655	11,524,901
201002	374,372	11,378,793
201003	374,832	11,081,874
201004	376,140	10,882,520
201005	380,559	11,254,933
201006	384,680	11,361,011
201007	389,298	11,278,931
201008	392,647	11,088,674
201009	395,934	11,038,906
201010	398,771	12,430,396
201011	401,092	11,297,054
201012	402,130	12,306,613
201101	402,916	11,320,827
201102	403,453	11,226,319
201103	404,910	11,350,267
201104	406,044	11,194,823
201105	407,437	11,664,699
201106	409,140	11,523,982
201107	412,244	11,858,138
201108	415,605	11,691,641

**Tabel A.1 Data Pemakaian Air dan Pelanggan  
(lanjutan)**

Tahun-Bulan	Jumlah Pelanggan	Pemakaian
201109	417,956	11,218,934
201110	420,016	12,674,038
201111	422,243	12,476,473
201112	425,302	12,694,818
201201	427,753	12,221,254
201202	429,160	12,154,002
201203	430,297	11,962,562
201204	431,300	11,858,245
201205	432,466	12,231,885
201206	434,268	12,545,932
201207	435,953	12,291,751
201208	437,532	11,988,858
201209	438,995	12,125,187
201210	441,830	12,898,562
201211	447,722	12,753,038
201212	450,948	13,231,494
201301	454,628	12,670,138
201302	457,589	12,770,849
201303	459,311	12,440,212
201304	460,056	12,455,700
201305	460,707	12,258,027
201306	461,550	13,411,228
201307	462,984	12,531,458
201308	464,976	11,824,015
201309	466,401	13,498,927
201310	468,229	12,896,754
201311	469,851	13,938,205

**Tabel A.1 Data Pemakaian Air dan Pelanggan  
(lanjutan)**

Tahun-Bulan	Jumlah Pelanggan	Pemakaian
201312	471,994	13,564,173
201401	473,184	12,914,601
201402	474,898	13,118,603
201403	476,400	12,899,762
201404	477,180	12,610,200
201405	478,126	13,842,737
201406	480,070	13,895,401
201407	481,977	13,485,476
201408	483,545	12,819,350
201409	485,017	13,993,062
201410	486,921	13,427,190
201411	488,603	14,471,999
201412	489,552	14,505,691
201501	490,170	13,975,554
201502	490,827	13,751,354
201503	491,371	13,310,246
201504	492,199	13,477,183
201505	493,169	13,829,200
201506	494,226	13,758,665
201507	495,341	13,702,831
201508	496,065	13,765,738
201509	497,011	14,065,086
201510	498,100	14,571,353
201511	498,947	14,200,050
201512	498,849	14,815,596

*Halaman ini sengaja dikosongkan*





**LAMPIRAN B**  
**DATA TAHUNAN JUMLAH PENDUDUK KOTA**  
**SURABAYA**

Tabel B.1 menunjukkan data jumlah penduduk di Kota Surabaya mulai dari tahun 2001 hingga 2014

**Tabel B.1 Jumlah Penduduk  
Tahunan Surabaya**

<b>Tahun</b>	<b>Penduduk</b>
2001	2568352
2002	2529468
2003	2659566
2004	2691666
2005	2740490
2006	2784196
2007	2829486
2008	2902507
2009	2938225
2010	2929528
2011	3024321
2012	3125576
2013	3200454
2014	2853661

B-2

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN C

### HASIL INTERPOLASI DAN EKSTRAPOLASI DATA JUMLAH KOTA SURABAYA

Tabel C.1 menunjukkan hasil interpolasi dari data tahunan penduduk Kota Surabaya dari tahun 2001 hingga tahun 2014 menjadi data bulanan dan data hasil ekstrapolasi untuk data bulanan sealam tahun 2015.

**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ektrapolasi Penduduk Surabaya**

THBL	PENDUDUK
200101	2455257
200102	2465539
200103	2475820
200104	2486101
200105	2496383
200106	2506664
200107	2516945
200108	2527227
200109	2537508
200110	2547789
200111	2558071
200112	2568352
200201	2565112
200202	2561871
200203	2558631
200204	2555391
200205	2552150
200206	2548910
200207	2545670

**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ekstrapolasi Penduduk Surabaya  
(lanjutan)**

<b>THBL</b>	<b>PENDUDUK</b>
200208	2542429
200209	2539189
200210	2535949
200211	2532708
200212	2529468
200301	2540310
200302	2551151
200303	2561993
200304	2572834
200305	2583676
200306	2594517
200307	2605359
200308	2616200
200309	2627042
200310	2637883
200311	2648725
200312	2659566
200401	2662241
200402	2664916
200403	2667591
200404	2670266
200405	2672941
200406	2675616
200407	2678291
200408	2680966
200409	2683641

**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ekstrapolasi Penduduk Surabaya  
(lanjutan)**

<b>THBL</b>	<b>PENDUDUK</b>
200410	2686316
200411	2688991
200412	2691666
200501	2695735
200502	2699803
200503	2703872
200504	2707941
200505	2712009
200506	2716078
200507	2720147
200508	2724215
200509	2728284
200510	2732353
200511	2736421
200512	2740490
200601	2744132
200602	2747774
200603	2751417
200604	2755059
200605	2758701
200606	2762343
200607	2765985
200608	2769627
200609	2773270
200610	2776912
200611	2780554

**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ekstrapolasi Penduduk Surabaya  
(lanjutan)**

<b>THBL</b>	<b>PENDUDUK</b>
200612	2784196
200701	2787970
200702	2791744
200703	2795519
200704	2799293
200705	2803067
200706	2806841
200707	2810615
200708	2814389
200709	2818164
200710	2821938
200711	2825712
200712	2829486
200801	2835571
200802	2841656
200803	2847741
200804	2853826
200805	2859911
200806	2865997
200807	2872082
200808	2878167
200809	2884252
200810	2890337
200811	2896422
200812	2902507
200901	2905484

**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ekstrapolasi Penduduk Surabaya  
(lanjutan)**

<b>THBL</b>	<b>PENDUDUK</b>
200902	2908460
200903	2911437
200904	2914413
200905	2917390
200906	2920366
200907	2923343
200908	2926319
200909	2929296
200910	2932272
200911	2935249
200912	2938225
201001	2937500
201002	2936776
201003	2936051
201004	2935326
201005	2934601
201006	2933877
201007	2933152
201008	2932427
201009	2931702
201010	2930978
201011	2930253
201012	2929528
201101	2937427
201102	2945327
201103	2953226



**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ekstrapolasi Penduduk Surabaya  
(lanjutan)**

<b>THBL</b>	<b>PENDUDUK</b>
201104	2961126
201105	2969025
201106	2976925
201107	2984824
201108	2992723
201109	3000623
201110	3008522
201111	3016422
201112	3024321
201201	3032759
201202	3041197
201203	3049635
201204	3058073
201205	3066511
201206	3074949
201207	3083386
201208	3091824
201209	3100262
201210	3108700
201211	3117138
201212	3125576
201301	3131816
201302	3138056
201303	3144296
201304	3150535
201305	3156775

**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ekstrapolasi Penduduk Surabaya  
(lanjutan)**

<b>THBL</b>	<b>PENDUDUK</b>
201306	3163015
201307	3169255
201308	3175495
201309	3181735
201310	3187974
201311	3194214
201312	3200454
201401	3171555
201402	3142655
201403	3113756
201404	3084856
201405	3055957
201406	3027058
201407	2998158
201408	2969259
201409	2940359
201410	2911460
201411	2882560
201412	2853661
201501	2852627
201502	2851592
201503	2850558
201504	2849524
201505	2848490
201506	2847455
201507	2846421

**Tabel C.1 Hasil Interpolasi dan  
Ekstrapolasi Penduduk Surabaya  
(lanjutan)**

<b>THBL</b>	<b>PENDUDUK</b>
201508	2845387
201509	2844353
201510	2843318
201511	2842284
201512	2841250

**LAMPIRAN D**  
**HASIL UJI COBA MASUKAN TERBAIK**

**Pelatihan Model 1 Variabel Pemakaian**

Tabel D.1 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 1 dengan jumlah lapisan masukan terbaik.

**Tabel D.1 Hasil Pelatihan Model 1**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
3438305	3237839.031	0.058304
4024909	3817427.806	0.051549
4280645	5023077.701	0.173439
6061743	5694624.165	0.060563
8092826	8081295.685	0.001425
8511022	8262879.804	0.029155
8917324	9112061.619	0.021838
8976539	9354120.139	0.042063
9606337	9670141.616	0.006642
9315173	9680963.619	0.039268
10198165	10011703.51	0.018284
9756668	10090684.84	0.034235
9584058	10280488.46	0.072666
9547851	10067830.86	0.05446
10543713	9981788.169	0.053295
10674577	10415891.05	0.024234
10632275	10712557.24	0.007551
10585546	10690948.47	0.009957
10826370	10666405.32	0.014775
11089222	10802482.97	0.025857

**Tabel D.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11139600	10977892.83	0.014516
10587484	11033423.75	0.04212
10634136	10655156.62	0.001977
9604907	10691264.5	0.113104
9513618	10438693.55	0.097237
9415425	9990914.597	0.061122
9963354	9947031.484	0.001638
10547291	10012567.11	0.050698
10987509	10553134.54	0.039533
11253573	10906426.95	0.030848
11607130	11113365.9	0.04254
11804063	11447495.83	0.030207
11338168	11679454.58	0.030101
11427891	11394905.49	0.002886
11965577	11322863.92	0.053714
11023314	11737466.73	0.064786
11380990	11180740.76	0.017595
11439361	11220589.17	0.019124
11399118	11343807.74	0.004852
12159168	11326346.68	0.068493
11763752	11838158.25	0.006325
11507804	11786754.38	0.02424
12099475	11516613.9	0.048172
12258785	11827480.73	0.035183
11553164	11978749.92	0.036837
13015579	11692176.76	0.101678
12301997	12123992.89	0.01447

**Tabel D.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12383249	11940053.36	0.03579
11719146	12023281.14	0.025952
11859723	11803037.95	0.00478
10353094	11741193.37	0.134076
9299726	10579506.47	0.137615
12422241	10413400	0.161713
12107246	12075370.56	0.002633
11988539	11952966.43	0.002967
12760477	11882054.29	0.068839
11794540	12093411.61	0.02534
13156786	11852442.38	0.099138
10986163	12150201.57	0.105955
11168499	11471399.85	0.027121
9665017	11045925.31	0.142877
9450384	10541891.08	0.115499
10090464	10022980.78	0.006688
9950162	10089533.87	0.014007
10401082	10287381.73	0.010932
10039037	10458077.07	0.041741
10720405	10412052.75	0.028763
10472736	10685481.29	0.020314
10316842	10612990.31	0.028705
11349462	10529182.92	0.072275
10596721	11165475.31	0.053673
10422510	10662487.83	0.023025
10517334	10587019.22	0.006626
10173830	10619796.99	0.043835
10643200	10479799.02	0.015353

**Tabel D.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10644777	10659647.35	0.001397
10874248	10697614.52	0.016243
10634204	10832117.8	0.018611
11342626	10687852.58	0.057727
10700738	11162651.48	0.043167
11357917	10728862.34	0.055385
12039083	11175989.41	0.071691
10847521	11766104.03	0.084681
11298449	11049098.57	0.022069
10523258	11137116.85	0.058334
11009588	10619872.2	0.035398
10435407	10921298.54	0.046562
11052110	10589798.7	0.04183
10779472	10949740.1	0.015796
10598485	10768349.75	0.016027
10640051	10672146.99	0.003017
10407194	10694653.28	0.027621
11684788	10582458.23	0.094339
11474778	11420239.03	0.004753
10767119	11465274.48	0.064841
10586058	10794445.63	0.019685
10197768	10666153.35	0.04593
10304461	10497621.88	0.018745
10950046	10471762.76	0.043679
10800307	10874901.18	0.006907
10925571	10781638.18	0.013174
11047237	10863661.64	0.016617
11199666	10950175.31	0.022277

**Tabel D.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10766114	11076713.78	0.02885
11464239	10763554.43	0.061119
11946450	11261183.36	0.057362
Rata-Rata MAPE		0.041732

### **Pelatihan Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan**

Tabel D.2 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan terbaik.

**Tabel D.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9584058	9531587.199	0.005475
9547851	9561989.419	0.001481
10543713	10494479.91	0.004669
10674577	10849546.69	0.016391
10632275	10585522.93	0.004397
10585546	10750128.39	0.015548
10826370	10871971.38	0.004212
11089222	10713903.81	0.033845
11139600	10703367.75	0.03916
10587484	10874253.65	0.027086
10634136	10489190.65	0.01363
9604907	10077756.89	0.04923
9513618	9280065.816	0.024549
9415425	9633673.886	0.02318
9963354	9896980.959	0.006662



**Tabel D.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10547291	10415196.16	0.012524
10987509	10937060.26	0.004591
11253573	11482840.71	0.020373
11607130	11633254.74	0.002251
11804063	11918980.08	0.009735
11338168	11700864.42	0.031989
11427891	11588692.29	0.014071
11965577	11365880.68	0.050118
11023314	11082660.11	0.005384
11380990	11382683.54	0.000149
11439361	11362484.84	0.00672
11399118	11303607.62	0.008379
12159168	11823657.21	0.027593
11763752	12159776.39	0.033665
11507804	12317968.3	0.070401
12099475	11971570.66	0.010571
12258785	11804713.14	0.037041
11553164	11673919.81	0.010452
13015579	11905031.62	0.085324
12301997	12123962.35	0.014472
12383249	12388062.8	0.000389
11719146	12006908.54	0.024555
11859723	11451233.98	0.034443
10353094	10621230.72	0.025899
9299726	10556054.53	0.135093
12422241	12085810.42	0.027083
12107246	11997531.22	0.009062

**Tabel D.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11988539	11818963.32	0.014145
12760477	12524021.75	0.01853
11794540	11747502.71	0.003988
13156786	13146156.69	0.000808
10986163	11056805.17	0.00643
11168499	11135059.4	0.002994
9665017	9500697.257	0.017001
9450384	9518044.035	0.00716
10090464	10047482.87	0.00426
9950162	9847702.865	0.010297
10401082	10503891.19	0.009884
10039037	10075942.12	0.003676
10720405	10520831.17	0.018616
10472736	10427316.71	0.004337
10316842	10590693.68	0.026544
11349462	11157272.07	0.016934
10596721	10622010.9	0.002387
10422510	10749736.95	0.031396
10517334	10323306.83	0.018448
10173830	10397914.1	0.022026
10643200	10243544.8	0.03755
10644777	10702620.96	0.005434
10874248	10902601.98	0.002607
10634204	10721326.14	0.008193
11342626	11157617.03	0.016311
10700738	10851569.75	0.014095
11357917	10880573.04	0.042027

**Tabel D.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12039083	11671458.14	0.030536
10847521	11122281.48	0.025329
11298449	11413433.98	0.010177
10523258	11113475.1	0.056087
11009588	10431857.79	0.052475
10435407	10734725.5	0.028683
11052110	10932068.9	0.010861
10779472	11086562.31	0.028488
10598485	10410182.84	0.017767
10640051	11168813.89	0.049696
10407194	10579713.64	0.016577
11684788	11222385.93	0.039573
11474778	11282126.15	0.016789
10767119	11103460.95	0.031238
10586058	10898622.88	0.029526
10197768	10593082.12	0.038765
10304461	10643472.33	0.032899
10950046	10779671.92	0.015559
10800307	11430384.67	0.058339
10925571	10795316.02	0.011922
11047237	10823296.99	0.020271
11199666	10808171.76	0.034956
10766114	10734707.65	0.002917
11464239	11332043.61	0.011531
11946450	11491727.41	0.038063
Rata-Rata MAPE		0.021882

### **Pelatihan Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian**

Tabel D.3 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan terbaik.

**Tabel D.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
4024909	4606032.165	0.144382
4280645	5065328.776	0.18331
6061743	5278936.144	0.129139
8092826	6972231.015	0.138468
8511022	8777619.464	0.031324
8917324	9078856.024	0.018114
8976539	9210586.375	0.026073
9606337	9316175.317	0.030205
9315173	9898075.761	0.062576
10198165	9871272.913	0.032054
9756668	10550504.94	0.081364
9584058	10281317.21	0.072752
9547851	9915875.898	0.038545
10543713	9888154.359	0.062175
10674577	10645591.73	0.002715
10632275	10749117.01	0.010989
10585546	10537213.94	0.004566
10826370	10433405.61	0.036297
11089222	10560091.77	0.047716
11139600	10717818.72	0.037863
10587484	10676802.25	0.008436
10634136	10210876.32	0.039802

**Tabel D.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9604907	10093966.82	0.050918
9513618	9649699.593	0.014304
9415425	9572699.717	0.016704
9963354	9864655.371	0.009906
10547291	10428040.05	0.011306
10987509	11025345.99	0.003444
11253573	11337599.43	0.007467
11607130	11497343.2	0.009459
11804063	11672552.81	0.011141
11338168	11792894.91	0.040106
11427891	11654053.11	0.01979
11965577	11609438.17	0.029764
11023314	11880325	0.077745
11380990	11567093.15	0.016352
11439361	11444620.2	0.00046
11399118	11613243.74	0.018784
12159168	11576136.01	0.04795
11763752	11829567.71	0.005595
11507804	11824646.8	0.027533
12099475	11582620.34	0.042717
12258785	11775887.25	0.039392
11553164	11937534.93	0.03327
13015579	11692745.96	0.101635
12301997	12061458.12	0.019553
12383249	12103331.84	0.022605
11719146	11837757.13	0.010121
11859723	11724547.59	0.011398

**Tabel D.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10353094	11589042.58	0.11938
9299726	11155694.42	0.199572
12422241	10232281.2	0.176293
12107246	11546287.09	0.046332
11988539	11925905.76	0.005224
12760477	11603660.16	0.090656
11794540	11845695.06	0.004337
13156786	11719312.29	0.109257
10986163	11838065.44	0.077543
11168499	11556545.44	0.034745
9665017	10796792.46	0.1171
9450384	10551367.82	0.116501
10090464	10128741.8	0.003793
9950162	10352583.75	0.040444
10401082	10386549.03	0.001397
10039037	10528076.71	0.048714
10720405	10470897.61	0.023274
10472736	10630795.51	0.015092
10316842	10651407.73	0.032429
11349462	10553355.28	0.070145
10596721	10845877.6	0.023513
10422510	10777135.03	0.034025
10517334	10578185.58	0.005786
10173830	10596321.84	0.041527
10643200	10508237.17	0.012681
10644777	10598068.59	0.004388
10874248	10649753.82	0.020645

**Tabel D.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10634204	10721791.45	0.008236
11342626	10689875.73	0.057548
10700738	10844088.02	0.013396
11357917	10775094.37	0.051314
12039083	10854623.76	0.098385
10847521	11111379.73	0.024324
11298449	10976596.69	0.028486
10523258	10923071.14	0.037993
11009588	10830434.64	0.016272
10435407	10874573.97	0.042084
11052110	10776211.41	0.024963
10779472	10905494.16	0.011691
10598485	10876188.09	0.026202
10640051	10892131.92	0.023692
10407194	10876460.93	0.045091
11684788	10825572.16	0.073533
11474778	11105271.4	0.032202
10767119	11135375.8	0.034202
10586058	11136997.22	0.052044
10197768	10980479.34	0.076753
10304461	10787101.56	0.046838
10950046	10760038	0.017352
10800307	10850527.42	0.00465
10925571	10875404.24	0.004592
11047237	11023652.47	0.002135
11199666	11038449.17	0.014395
10766114	11106931.33	0.031656

**Tabel D.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11464239	11056027.85	0.035607
11946450	11203843.55	0.062161
Rata-Rata MAPE		0.042008

### **Pelatihan Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian-Variabel Penduduk**

Tabel D.4 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan terbaik.

**Tabel D.4 Hasil Pelatihan Model 3**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10543713	10612353.48	0.00651
10674577	10631156.47	0.004068
10632275	10659490.97	0.00256
10585546	10572512.16	0.001231
10826370	10782829.03	0.004022
11089222	11132695.61	0.00392
11139600	11103788.64	0.003215
10587484	10568223.93	0.001819
10634136	10567630.39	0.006254
9604907	9840809.73	0.024561
9513618	9408684.392	0.01103
9415425	9239367.851	0.018699
9963354	10021091.26	0.005795
10547291	10707706.17	0.015209
10987509	11145262.66	0.014358



**Tabel D.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11253573	11201067.61	0.004666
11607130	11533353.16	0.006356
11804063	11652177.35	0.012867
11338168	11533393.76	0.017218
11427891	11510042.27	0.007189
11965577	11575703.86	0.032583
11023314	11064302.91	0.003718
11380990	11568721.85	0.016495
11439361	11806985.78	0.032137
11399118	11437944.02	0.003406
12159168	11344992.09	0.06696
11763752	11615604.12	0.012594
11507804	12020410.08	0.044544
12099475	12337754.91	0.019693
12258785	12241266.07	0.001429
11553164	11915068.52	0.031325
13015579	12593195.57	0.032452
12301997	12186202.78	0.009413
12383249	11975242.59	0.032948
11719146	11890352.66	0.014609
11859723	11571070.23	0.024339
10353094	10622082.11	0.025981
9299726	9701788.075	0.043234
12422241	12242839.53	0.014442
12107246	12084186.46	0.001905
11988539	11986109.49	0.000203
12760477	12754393.74	0.000477

**Tabel D.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11794540	11860802.27	0.005618
13156786	13105494.26	0.003899
10986163	11033136.82	0.004276
11168499	11261916.92	0.008364
9665017	9626171.709	0.004019
9450384	9399681.797	0.005365
10090464	10101372.02	0.001081
9950162	9912552.004	0.00378
10401082	10501191.63	0.009625
10039037	9875343.021	0.016306
10720405	10724483.68	0.00038
10472736	10500130.86	0.002616
10316842	10593989.1	0.026864
11349462	11260107.58	0.007873
10596721	10460193.01	0.012884
10422510	10584351.02	0.015528
10517334	10339464.09	0.016912
10173830	9979511.975	0.0191
10643200	10648371.72	0.000486
10644777	10716257.43	0.006715
10874248	11061133.23	0.017186
10634204	10864669.35	0.021672
11342626	11251608.74	0.008024
10700738	10855878.2	0.014498
11357917	11109432.44	0.021878
12039083	11713815.66	0.027018
10847521	10962214.63	0.010573

**Tabel D.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11298449	11179921.29	0.010491
10523258	10922646.66	0.037953
11009588	10789712.96	0.019971
10435407	10602378.07	0.016
11052110	10862330.53	0.017171
10779472	10680849.91	0.009149
10598485	10637121.44	0.003645
10640051	10711168.42	0.006684
10407194	10296963.64	0.010592
11684788	11230328.99	0.038893
11474778	11152082.81	0.028122
10767119	10841349.66	0.006894
10586058	10702042.12	0.010956
10197768	10573896.94	0.036883
10304461	10451773.83	0.014296
10950046	10923550.24	0.00242
10800307	11237904.64	0.040517
10925571	10962554.95	0.003385
11047237	10925992.93	0.010975
11199666	10996291.89	0.018159
10766114	10995424.91	0.021299
11464239	11563797.67	0.008684
11946450	11637892.36	0.025828
<b>Rata-Rata MAPE</b>		<b>0.014434</b>

### Pengujian Model 1 Variabel Pemakaian

Tabel D.5 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 1 dengan jumlah lapisan masukan terbaik.

**Tabel D.5 Hasil Pengujian Model 1**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11081874	11334767	0.02282
10882520	11035361	0.014045
11254933	10838165	0.03703
11361011	11105529	0.022488
11278931	11246339	0.00289
11088674	11201809	0.010203
11038906	11020363	0.00168
12430396	10954143	0.118762
11297054	11917284	0.054902
12306613	11573837	0.059543
11320827	11892633	0.050509
11226319	11554926	0.029271
11350267	11146525	0.01795
11194823	11230992	0.003231
11664699	11126309	0.046155
11523982	11478954	0.003907
11858138	11497395	0.030422
11691641	11693338	0.000145
11218934	11673749	0.04054
12674038	11251445	0.112245
12476473	12023997	0.036266
12694818	12028162	0.052514
12221254	12078347	0.011693

**Tabel D.5 Hasil Pengujian Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12154002	11975808	0.014661
11962562	11955858	0.00056
11858245	11877948	0.001662
12231885	11795370	0.035687
12545932	11942903	0.048066
12291751	12057634	0.019047
11988858	12000625	0.000982
12125187	11904894	0.018168
12898562	11920168	0.075853
12753038	12117222	0.049856
13231494	12034801	0.090443
Rata-Rata MAPE		0.033359

### **Pengujian Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan**

Tabel D.6 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan terbaik.

**Tabel D.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11350267	11524479	0.015349
11194823	12275553	0.096538
11664699	12740816	0.092254
11523982	11822247	0.025882
11858138	12790740	0.078647
11691641	11786783	0.008138

**Tabel D.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11218934	12516259	0.115637
12674038	12933787	0.020495
12476473	12811215	0.02683
12694818	12500796	0.015284
12221254	11841311	0.031089
12154002	12190826	0.00303
11962562	11496559	0.038955
11858245	11704773	0.012942
12231885	12852311	0.050722
12545932	12457903	0.007017
12291751	12638345	0.028197
11988858	12042501	0.004474
12125187	12519777	0.032543
12898562	12980014	0.006315
12753038	12961099	0.016315
13231494	12779287	0.034177
Rata-Rata MAPE		0.034583

### **Pengujian Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian**

Tabel D.7 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan terbaik

**Tabel D.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pemakaian**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10882520	11141202	0.02377

**Tabel D.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pemakaian**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11254933	11055048	0.01776
11361011	11062607	0.026266
11278931	11065812	0.018895
11088674	11123039	0.003099
11038906	11097192	0.00528
12430396	11058570	0.110361
11297054	11293093	0.000351
12306613	11138522	0.094916
11320827	11417618	0.00855
11226319	11286978	0.005403
11350267	11475692	0.01105
11194823	11382921	0.016802
11664699	11357653	0.026323
11523982	11479622	0.003849
11858138	11448263	0.034565
11691641	11610827	0.006912
11218934	11569827	0.031277
12674038	11553666	0.088399
12476473	11789378	0.055071
12694818	11659615	0.081545
12221254	11994851	0.018525
12154002	11896234	0.021208
11962562	11933604	0.002421
11858245	11798169	0.005066
12231885	11758508	0.0387
12545932	11780974	0.060973
12291751	11797528	0.040208

**Tabel D.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pemakaian**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11988858	11820252	0.014064
12125187	11835833	0.023864
12898562	11792133	0.085779
12753038	11851942	0.070657
13231494	11801318	0.108089
Rata-Rata MAPE		0.035151

### **Pengujian Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian- Variabel Penduduk**

Tabel D.8 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan terbaik

**Tabel D.8 Hasil Pengujian Model 3**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11664699	12086883	0.036193
11523982	11986691	0.040152
11858138	12267203	0.034497
11691641	11648911	0.003655
11218934	12350431	0.100856
12674038	12489838	0.014534
12476473	12570957	0.007573
12694818	12846848	0.011976
12221254	12006527	0.01757
12154002	11946701	0.017056
11962562	11925123	0.00313



**Tabel D.8 Hasil Pengujian Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11858245	11696332	0.013654
12231885	12195135	0.003004
12545932	11983389	0.044839
12291751	12168035	0.010065
11988858	11478120	0.042601
12125187	11494063	0.052051
12898562	12214603	0.053026
12753038	12147627	0.047472
13231494	12383646	0.064078
Rata-Rata MAPE		0.030899

**LAMPIRAN E**  
**HASIL UJI COBA NODE TERBAIK**

**Pelatihan Model 1 Variabel Pemakaian Node 7**

Tabel E.1 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 1 dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.1 Hasil Pelatihan Model 1**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
3438305	3437292	0.000295
4024909	4170222	0.036104
4280645	5144812	0.201878
6061743	5154077	0.149737
8092826	7850242	0.029975
8511022	8563291	0.006141
8917324	9087664	0.019102
8976539	9486009	0.056756
9606337	9549612	0.005905
9315173	10038692	0.077671
10198165	9810019	0.03806
9756668	10464800	0.072579
9584058	10116396	0.055544
9547851	10005921	0.047976
10543713	9984840	0.053005
10674577	10694364	0.001854
10632275	10765598	0.012539
10585546	10739840	0.014576
10826370	10707864	0.010946
11089222	10861652	0.020522

**Tabel E.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11139600	11023080	0.01046
10587484	11072634	0.045823
10634136	10727059	0.008738
9604907	10739700	0.118147
9513618	9980501	0.049075
9415425	9958910	0.057723
9963354	9888518	0.007511
10547291	10293120	0.024098
10987509	10686386	0.027406
11253573	10954545	0.026572
11607130	11122063	0.04179
11804063	11323583	0.040705
11338168	11493985	0.013743
11427891	11321454	0.009314
11965577	11257050	0.059214
11023314	11508003	0.043969
11380990	11169713	0.018564
11439361	11187858	0.021986
11399118	11270801	0.011257
12159168	11262526	0.073742
11763752	11571861	0.016312
11507804	11696354	0.016384
12099475	11402003	0.057645
12258785	11582282	0.055185
11553164	11904158	0.030381
13015579	11628505	0.10657
12301997	11939894	0.029434
12383249	12586196	0.016389

**Tabel E.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11719146	12085306	0.031245
11859723	11793514	0.005583
10353094	11555121	0.116103
9299726	10620192	0.14199
12422241	9756118	0.214625
12107246	11501120	0.050063
11988539	12028745	0.003354
12760477	11782877	0.076612
11794540	12059306	0.022448
13156786	12088765	0.081176
10986163	12119497	0.10316
11168499	11760590	0.053014
9665017	11077986	0.146194
9450384	10003760	0.058556
10090464	9909957	0.017889
9950162	10383964	0.043598
10401082	10263013	0.013274
10039037	10588510	0.054734
10720405	10319141	0.03743
10472736	10795367	0.030807
10316842	10631249	0.030475
11349462	10520485	0.073041
10596721	11128002	0.050136
10422510	10749876	0.031409
10517334	10595029	0.007387
10173830	10660790	0.047864
10643200	10416111	0.021337
10644777	10745360	0.009449

**Tabel E.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10874248	10747559	0.01165
10634204	10892094	0.024251
11342626	10746601	0.052547
10700738	11137405	0.040807
11357917	10823952	0.047013
12039083	11148388	0.073984
10847521	11517079	0.061725
11298449	11062774	0.020859
10523258	11131461	0.057796
11009588	10691374	0.028903
10435407	10966080	0.050853
11052110	10610980	0.039914
10779472	10986866	0.01924
10598485	10852655	0.023982
10640051	10719419	0.007459
10407194	10743746	0.032338
11684788	10584283	0.094183
11474778	11264036	0.018366
10767119	11361168	0.055173
10586058	10886419	0.028373
10197768	10710651	0.050294
10304461	10432766	0.012451
10950046	10515944	0.039644
10800307	10929320	0.011945
10925571	10859721	0.006027
11047237	10928815	0.01072
11199666	11006728	0.017227
10766114	11100428	0.031052

**Tabel E.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11464239	10855290	0.053117
11946450	11199955	0.062487
Rata-Rata MAPE		0.043459

### **Pelatihan Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75**

Tabel E.2 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9584058	9568568	0.001616
9547851	9568040	0.002115
10543713	10535642	0.000765
10674577	10665929	0.00081
10632275	10706701	0.007
10585546	10587121	0.000149
10826370	10878730	0.004836
11089222	11082526	0.000604
11139600	10759605	0.034112
10587484	10643814	0.00532
10634136	10685469	0.004827
9604907	9959105	0.036877
9513618	9365266	0.015594
9415425	9601938	0.019809
9963354	9887288	0.007635

**Tabel E.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10547291	10532589	0.001394
10987509	11042885	0.00504
11253573	11095494	0.014047
11607130	11536998	0.006042
11804063	11764145	0.003382
11338168	11419303	0.007156
11427891	11801851	0.032723
11965577	11440136	0.043913
11023314	11254608	0.020982
11380990	11440944	0.005268
11439361	11367689	0.006265
11399118	11193942	0.017999
12159168	11604524	0.045615
11763752	11989078	0.019154
11507804	12186685	0.058993
12099475	12100135	5.46E-05
12258785	12479412	0.017997
11553164	11834472	0.024349
13015579	11961362	0.080997
12301997	12136054	0.013489
12383249	11973373	0.033099
11719146	11924368	0.017512
11859723	11531289	0.027693
10353094	10821482	0.045241
9299726	10341653	0.112038
12422241	11903420	0.041766
12107246	11948248	0.013132

**Tabel E.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11988539	11901304	0.007277
12760477	12714136	0.003632
11794540	11845515	0.004322
13156786	12955515	0.015298
10986163	11025005	0.003536
11168499	11187422	0.001694
9665017	9605931	0.006113
9450384	9361496	0.009406
10090464	10041141	0.004888
9950162	10012597	0.006275
10401082	10483922	0.007965
10039037	10131561	0.009216
10720405	10659545	0.005677
10472736	10379314	0.008921
10316842	10485806	0.016377
11349462	11289943	0.005244
10596721	10464276	0.012499
10422510	10774073	0.033731
10517334	10430237	0.008281
10173830	10179839	0.000591
10643200	10557998	0.008005
10644777	10745664	0.009478
10874248	10888132	0.001277
10634204	10765737	0.012369
11342626	11039479	0.026726
10700738	11106328	0.037903
11357917	10872967	0.042697



**Tabel E.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12039083	11647755	0.032505
10847521	10953878	0.009805
11298449	11336538	0.003371
10523258	10696774	0.016489
11009588	10772434	0.021541
10435407	10549073	0.010892
11052110	10913304	0.012559
10779472	11000870	0.020539
10598485	10393745	0.019318
10640051	11166679	0.049495
10407194	10680235	0.026236
11684788	11118701	0.048446
11474778	11372289	0.008932
10767119	11028852	0.024309
10586058	10796765	0.019904
10197768	10584868	0.037959
10304461	10655456	0.034062
10950046	10663590	0.02616
10800307	11241027	0.040806
10925571	10939312	0.001258
11047237	10856147	0.017298
11199666	10764642	0.038843
10766114	10967908	0.018743
11464239	11543157	0.006884
11946450	11368103	0.048412
<b>Rata-Rata MAPE</b>		<b>0.01874</b>

### **Pelatihan Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9**

Tabel E.3 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
4024909	4106608	0.020298
4280645	5054141	0.180696
6061743	5440801	0.102436
8092826	7241274	0.105223
8511022	8891437	0.044697
8917324	8948866	0.003537
8976539	9259099	0.031478
9606337	9334963	0.028249
9315173	9997302	0.073228
10198165	9748308	0.044112
9756668	10531665	0.079432
9584058	10030750	0.046608
9547851	9859636	0.032655
10543713	9847385	0.066042
10674577	10648978	0.002398
10632275	10582501	0.004681
10585546	10533280	0.004938
10826370	10459730	0.033866
11089222	10623525	0.041995
11139600	10762014	0.033896
10587484	10729571	0.01342

**Tabel E.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10634136	10221661	0.038788
9604907	10363756	0.079006
9513618	9581907	0.007178
9415425	9701188	0.03035
9963354	9855264	0.010849
10547291	10433175	0.010819
10987509	10915282	0.006574
11253573	11267368	0.001226
11607130	11493570	0.009784
11804063	11739333	0.005484
11338168	11898008	0.049377
11427891	11666568	0.020885
11965577	11580389	0.032191
11023314	11847226	0.074743
11380990	11445968	0.005709
11439361	11318181	0.010593
11399118	11540550	0.012407
12159168	11500275	0.054189
11763752	11824341	0.00515
11507804	11838518	0.028738
12099475	11529653	0.047095
12258785	11748209	0.04165
11553164	12005619	0.039163
13015579	11689523	0.101882
12301997	11990922	0.025287
12383249	12260710	0.009896
11719146	11856640	0.011732

**Tabel E.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11859723	11752069	0.009077
10353094	11537104	0.114363
9299726	11063414	0.189649
12422241	10339638	0.167651
12107246	11525048	0.048087
11988539	11862756	0.010492
12760477	11623454	0.089105
11794540	11877808	0.00706
13156786	11808587	0.102472
10986163	11749440	0.069476
11168499	11612508	0.039756
9665017	10820229	0.119525
9450384	10579025	0.119428
10090464	10225911	0.013423
9950162	10345726	0.039754
10401082	10336138	0.006244
10039037	10523566	0.048264
10720405	10439261	0.026225
10472736	10635306	0.015523
10316842	10648432	0.032141
11349462	10567774	0.068874
10596721	10899594	0.028582
10422510	10803227	0.036528
10517334	10619811	0.009744
10173830	10597480	0.041641
10643200	10504571	0.013025
10644777	10585893	0.005532

**Tabel E.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10874248	10658022	0.019884
10634204	10731878	0.009185
11342626	10699597	0.056691
10700738	10867061	0.015543
11357917	10805084	0.048674
12039083	10842067	0.099428
10847521	11282836	0.04013
11298449	11067546	0.020437
10523258	10853301	0.031363
11009588	10813573	0.017804
10435407	10782260	0.033238
11052110	10728095	0.029317
10779472	10819772	0.003739
10598485	10844953	0.023255
10640051	10784995	0.013623
10407194	10781823	0.035997
11684788	10740735	0.080793
11474778	11189205	0.024887
10767119	11248430	0.044702
10586058	11003187	0.039404
10197768	10819550	0.060972
10304461	10706562	0.039022
10950046	10708241	0.022083
10800307	10975261	0.016199
10925571	10960971	0.00324
11047237	11000576	0.004224
11199666	11074131	0.011209

**Tabel E.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10766114	11150121	0.035668
11464239	11041634	0.036863
11946450	11233765	0.059657
Rata-Rata MAPE		0.040129

### **Pelatihan Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian-Variabel Penduduk Node 40**

Tabel E.4 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.4 Hasil Pelatihan Model 3**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10543713	10551930	0.000779
10674577	10610860	0.005969
10632275	10664878	0.003066
10585546	10625804	0.003803
10826370	10844299	0.001656
11089222	11102012	0.001153
11139600	11097157	0.00381
10587484	10603229	0.001487
10634136	10506142	0.012036
9604907	9744714	0.014556
9513618	9461229	0.005507
9415425	9430416	0.001592
9963354	10079632	0.011671
10547291	10471746	0.007163

**Tabel E.4 Hasil Pelatihan Model 3**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10987509	10920760	0.006075
11253573	11345726	0.008189
11607130	11734114	0.01094
11804063	11518297	0.024209
11338168	11494320	0.013772
11427891	11581349	0.013428
11965577	11593588	0.031088
11023314	11198827	0.015922
11380990	11520669	0.012273
11439361	11589347	0.013111
11399118	11195545	0.017859
12159168	11697751	0.037948
11763752	11825051	0.005211
11507804	11822323	0.027331
12099475	12335815	0.019533
12258785	12347671	0.007251
11553164	11906298	0.030566
13015579	12285569	0.056087
12301997	12237450	0.005247
12383249	11854915	0.042665
11719146	11924675	0.017538
11859723	11534413	0.02743
10353094	10750676	0.038402
9299726	9893764	0.063877
12422241	12221453	0.016164
12107246	12065157	0.003476
11988539	11989492	7.95E-05

**Tabel E.4 Hasil Pelatihan Model 3**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12760477	12753892	0.000516
11794540	11868501	0.006271
13156786	13121337	0.002694
10986163	10927018	0.005384
11168499	11307934	0.012485
9665017	9667402	0.000247
9450384	9411917	0.00407
10090464	10065629	0.002461
9950162	9879404	0.007111
10401082	10432096	0.002982
10039037	10062208	0.002308
10720405	10667040	0.004978
10472736	10417654	0.00526
10316842	10505918	0.018327
11349462	11174709	0.015397
10596721	10486210	0.010429
10422510	10638387	0.020713
10517334	10517033	2.86E-05
10173830	10207896	0.003348
10643200	10699207	0.005262
10644777	10731408	0.008138
10874248	10933819	0.005478
10634204	10826819	0.018113
11342626	11237294	0.009286
10700738	10809380	0.010153
11357917	11041729	0.027839
12039083	11724819	0.026104



**Tabel E.4 Hasil Pelatihan Model 3**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10847521	10954972	0.009906
11298449	11077906	0.01952
10523258	10783722	0.024751
11009588	10815383	0.01764
10435407	10602402	0.016003
11052110	10936542	0.010457
10779472	10718513	0.005655
10598485	10679803	0.007673
10640051	10976554	0.031626
10407194	10338564	0.006594
11684788	11380260	0.026062
11474778	11370793	0.009062
10767119	10959478	0.017865
10586058	10616987	0.002922
10197768	10425317	0.022314
10304461	10379083	0.007242
10950046	10729046	0.020183
10800307	11205091	0.037479
10925571	10903455	0.002024
11047237	10808887	0.021576
11199666	10980118	0.019603
10766114	11057061	0.027024
11464239	11669232	0.017881
11946450	11607588	0.028365
<b>Rata-Rata MAPE</b>		<b>0.013964</b>

### Pengujian Model 1 Variabel Pemakaian Node 7

Tabel E.5 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 1 dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.5 Hasil Pengujian Model 1** (.....)

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11081874	11270513	0.017022
10882520	11077075	0.017878
11254933	10920914	0.029678
11361011	11113148	0.021817
11278931	11209892	0.006121
11088674	11185282	0.008712
11038906	11066665	0.002515
12430396	11015850	0.113797
11297054	11575039	0.024607
12306613	11551198	0.061383
11320827	11595210	0.024237
11226319	11505331	0.024853
11350267	11150308	0.017617
11194823	11200111	0.000472
11664699	11137673	0.045181
11523982	11337283	0.016201
11858138	11380565	0.040274
11691641	11492109	0.017066
11218934	11527645	0.027517
12674038	11220864	0.114658
12476473	11696718	0.062498
12694818	12401353	0.023117
12221254	12357967	0.011187

**Tabel E.5 Hasil Pengujian Model 1 (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
12154002	12284434	0.010732
11962562	11925694	0.003082
11858245	11794915	0.005341
12231885	11650955	0.047493
12545932	11769419	0.061894
12291751	12115132	0.014369
11988858	12209832	0.018432
12125187	11885881	0.019736
12898562	11785906	0.086262
12753038	12205640	0.042923
13231494	12722559	0.038464
Rata-Rata MAPE		0.03168

### **Pengujian Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75**

Tabel E.6 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11350267	11672812	0.028417
11194823	11715132	0.046478
11664699	12055283	0.033484
11523982	12132188	0.052777
11858138	12179054	0.027063
11691641	12098153	0.034769

**Tabel E.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11218934	12393729	0.104715
12674038	12721497	0.003745
12476473	12438333	0.003057
12694818	12733452	0.003043
12221254	12103794	0.009611
12154002	12441075	0.02362
11962562	11915881	0.003902
11858245	11842781	0.001304
12231885	11952054	0.022877
12545932	12084221	0.036802
12291751	12165986	0.010232
11988858	12114282	0.010462
12125187	12105471	0.001626
12898562	12369917	0.040985
12753038	12380349	0.029224
13231494	12570774	0.049935
Rata-Rata MAPE		0.026279

### **Pengujian Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9**

Tabel E.7 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10882520	11108128	0.020731

**Tabel E.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11254933	11010646	0.021705
11361011	11123790	0.02088
11278931	11201926	0.006827
11088674	11161883	0.006602
11038906	11082822	0.003978
12430396	11043338	0.111586
11297054	11581101	0.025143
12306613	11297401	0.082006
11320827	11356731	0.003171
11226319	11422319	0.017459
11350267	11294204	0.004939
11194823	11406305	0.018891
11664699	11424763	0.020569
11523982	11593223	0.006008
11858138	11661390	0.016592
11691641	11757672	0.005648
11218934	11816467	0.053261
12674038	11703730	0.076559
12476473	12000160	0.038177
12694818	12292508	0.031691
12221254	12198764	0.00184
12154002	12250491	0.007939
11962562	12144269	0.01519
11858245	12174123	0.026638
12231885	12152037	0.006528
12545932	12192850	0.028143
12291751	12324785	0.002687

**Tabel E.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11988858	12388811	0.03336
12125187	12305535	0.014874
12898562	12241400	0.050948
12753038	12268445	0.037998
13231494	12507620	0.054708
Rata-Rata MAPE		0.026463

### **Pengujian Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian- Variabel Penduduk Node 40**

Tabel E.8 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan dan jumlah *node* terbaik

**Tabel E.8 Hasil Pengujian Model 3 (.....)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11664699	10956865	0.060682
11523982	11389518	0.011668
11858138	11486344	0.031353
11691641	11451926	0.020503
11218934	11944325	0.064658
12674038	12181875	0.038832
12476473	12590565	0.009145
12694818	12581821	0.008901
12221254	12654569	0.035456
12154002	11966271	0.015446
11962562	12322163	0.03006
11858245	12195901	0.028474

**Tabel E.8 Hasil Pengujian Model 3 (.....)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12231885	12196173	0.00292
12545932	12316144	0.018316
12291751	12505097	0.017357
11988858	12402506	0.034503
12125187	12103152	0.001817
12898562	12631046	0.02074
12753038	13013752	0.020443
13231494	12956954	0.020749
Rata-Rata MAPE		0.024601

## LAMPIRAN F

### HASIL UJI COBA FUNGSI AKTIVASI TERBAIK

#### Pelatihan Model 1 Variabel Pemakaian Node 7 Logsig

Tabel F.1 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 1 dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.1 Hasil Pelatihan Model 1**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
3438305	3464337	0.007571
4024909	4190196	0.041066
4280645	5134291	0.19942
6061743	5127310	0.154153
8092826	7805662	0.035484
8511022	8580870	0.008207
8917324	9087074	0.019036
8976539	9493233	0.057561
9606337	9556543	0.005183
9315173	10049247	0.078804
10198165	9818766	0.037203
9756668	10453004	0.07137
9584058	10122831	0.056216
9547851	10015250	0.048953
10543713	9995179	0.052025
10674577	10661636	0.001212
10632275	10748603	0.010941
10585546	10729610	0.013609
10826370	10697803	0.011875
11089222	10839798	0.022492



**Tabel F.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11139600	11006065	0.011987
10587484	11075130	0.046059
10634136	10739913	0.009947
9604907	10726058	0.116727
9513618	9982884	0.049326
9415425	9969215	0.058817
9963354	9899114	0.006448
10547291	10294018	0.024013
10987509	10660572	0.029755
11253573	10923966	0.029289
11607130	11114741	0.042421
11804063	11343792	0.038993
11338168	11553442	0.018987
11427891	11387946	0.003495
11965577	11283723	0.056985
11023314	11554493	0.048187
11380990	11241315	0.012273
11439361	11182882	0.022421
11399118	11301972	0.008522
12159168	11298966	0.070745
11763752	11619752	0.012241
11507804	11762649	0.022145
12099475	11468105	0.052182
12258785	11639126	0.050548
11553164	11952570	0.034571
13015579	11694143	0.101527
12301997	11989176	0.025428
12383249	12281050	0.008253

**Tabel F.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11719146	12080455	0.030831
11859723	11834066	0.002163
10353094	11623081	0.122667
9299726	10668228	0.147155
12422241	9753002	0.214876
12107246	11297289	0.066899
11988539	12023955	0.002954
12760477	11844887	0.071752
11794540	12084626	0.024595
13156786	12014842	0.086795
10986163	12134875	0.10456
11168499	11642110	0.042406
9665017	11071581	0.145531
9450384	10003836	0.058564
10090464	9919694	0.016924
9950162	10379166	0.043115
10401082	10266408	0.012948
10039037	10571345	0.053024
10720405	10322030	0.03716
10472736	10760187	0.027448
10316842	10628210	0.030181
11349462	10516228	0.073416
10596721	11068798	0.044549
10422510	10774952	0.033815
10517334	10589908	0.0069
10173830	10647050	0.046513
10643200	10417087	0.021245
10644777	10718427	0.006919

**Tabel F.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10874248	10735611	0.012749
10634204	10871142	0.022281
11342626	10744996	0.052689
10700738	11099835	0.037296
11357917	10848648	0.044838
12039083	11115553	0.076711
10847521	11557908	0.065488
11298449	11134688	0.014494
10523258	11111665	0.055915
11009588	10713363	0.026906
10435407	10933305	0.047712
11052110	10619564	0.039137
10779472	10947670	0.015604
10598485	10857540	0.024443
10640051	10714635	0.00701
10407194	10730270	0.031044
11684788	10580884	0.094474
11474778	11199232	0.024013
10767119	11421080	0.060737
10586058	10920703	0.031612
10197768	10705750	0.049813
10304461	10434233	0.012594
10950046	10507463	0.040418
10800307	10889230	0.008233
10925571	10857929	0.006191
11047237	10914667	0.012
11199666	10997745	0.018029
10766114	11098797	0.030901

**Tabel F.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11464239	10869975	0.051836
11946450	11170603	0.064944
Rata-Rata MAPE		0.043403

### **Pelatihan Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75 Tansig**

Tabel F.2 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9584058	9568568	0.001616
9547851	9568040	0.002115
10543713	10535642	0.000765
10674577	10665929	0.00081
10632275	10706701	0.007
10585546	10587121	0.000149
10826370	10878730	0.004836
11089222	11082526	0.000604
11139600	10759605	0.034112
10587484	10643814	0.00532
10634136	10685469	0.004827
9604907	9959105	0.036877
9513618	9365266	0.015594
9415425	9601938	0.019809
9963354	9887288	0.007635

**Tabel F.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10547291	10532589	0.001394
10987509	11042885	0.00504
11253573	11095494	0.014047
11607130	11536998	0.006042
11804063	11764145	0.003382
11338168	11419303	0.007156
11427891	11801851	0.032723
11965577	11440136	0.043913
11023314	11254608	0.020982
11380990	11440944	0.005268
11439361	11367689	0.006265
11399118	11193942	0.017999
12159168	11604524	0.045615
11763752	11989078	0.019154
11507804	12186685	0.058993
12099475	12100135	5.46E-05
12258785	12479412	0.017997
11553164	11834472	0.024349
13015579	11961362	0.080997
12301997	12136054	0.013489
12383249	11973373	0.033099
11719146	11924368	0.017512
11859723	11531289	0.027693
10353094	10821482	0.045241
9299726	10341653	0.112038
12422241	11903420	0.041766
12107246	11948248	0.013132

**Tabel F.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11988539	11901304	0.007277
12760477	12714136	0.003632
11794540	11845515	0.004322
13156786	12955515	0.015298
10986163	11025005	0.003536
11168499	11187422	0.001694
9665017	9605931	0.006113
9450384	9361496	0.009406
10090464	10041141	0.004888
9950162	10012597	0.006275
10401082	10483922	0.007965
10039037	10131561	0.009216
10720405	10659545	0.005677
10472736	10379314	0.008921
10316842	10485806	0.016377
11349462	11289943	0.005244
10596721	10464276	0.012499
10422510	10774073	0.033731
10517334	10430237	0.008281
10173830	10179839	0.000591
10643200	10557998	0.008005
10644777	10745664	0.009478
10874248	10888132	0.001277
10634204	10765737	0.012369
11342626	11039479	0.026726
10700738	11106328	0.037903
11357917	10872967	0.042697

**Tabel F.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12039083	11647755	0.032505
10847521	10953878	0.009805
11298449	11336538	0.003371
10523258	10696774	0.016489
11009588	10772434	0.021541
10435407	10549073	0.010892
11052110	10913304	0.012559
10779472	11000870	0.020539
10598485	10393745	0.019318
10640051	11166679	0.049495
10407194	10680235	0.026236
11684788	11118701	0.048446
11474778	11372289	0.008932
10767119	11028852	0.024309
10586058	10796765	0.019904
10197768	10584868	0.037959
10304461	10655456	0.034062
10950046	10663590	0.02616
10800307	11241027	0.040806
10925571	10939312	0.001258
11047237	10856147	0.017298
11199666	10764642	0.038843
10766114	10967908	0.018743
11464239	11543157	0.006884
11946450	11368103	0.048412
Rata-Rata MAPE		0.01874

### **Pelatihan Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9 Tansig**

Tabel F.3 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
4024909	4106608	0.020298
4280645	5054141	0.180696
6061743	5440801	0.102436
8092826	7241274	0.105223
8511022	8891437	0.044697
8917324	8948866	0.003537
8976539	9259099	0.031478
9606337	9334963	0.028249
9315173	9997302	0.073228
10198165	9748308	0.044112
9756668	10531665	0.079432
9584058	10030750	0.046608
9547851	9859636	0.032655
10543713	9847385	0.066042
10674577	10648978	0.002398
10632275	10582501	0.004681
10585546	10533280	0.004938
10826370	10459730	0.033866
11089222	10623525	0.041995
11139600	10762014	0.033896
10587484	10729571	0.01342



**Tabel F.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10634136	10221661	0.038788
9604907	10363756	0.079006
9513618	9581907	0.007178
9415425	9701188	0.03035
9963354	9855264	0.010849
10547291	10433175	0.010819
10987509	10915282	0.006574
11253573	11267368	0.001226
11607130	11493570	0.009784
11804063	11739333	0.005484
11338168	11898008	0.049377
11427891	11666568	0.020885
11965577	11580389	0.032191
11023314	11847226	0.074743
11380990	11445968	0.005709
11439361	11318181	0.010593
11399118	11540550	0.012407
12159168	11500275	0.054189
11763752	11824341	0.00515
11507804	11838518	0.028738
12099475	11529653	0.047095
12258785	11748209	0.04165
11553164	12005619	0.039163
13015579	11689523	0.101882
12301997	11990922	0.025287
12383249	12260710	0.009896
11719146	11856640	0.011732

**Tabel F.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11859723	11752069	0.009077
10353094	11537104	0.114363
9299726	11063414	0.189649
12422241	10339638	0.167651
12107246	11525048	0.048087
11988539	11862756	0.010492
12760477	11623454	0.089105
11794540	11877808	0.00706
13156786	11808587	0.102472
10986163	11749440	0.069476
11168499	11612508	0.039756
9665017	10820229	0.119525
9450384	10579025	0.119428
10090464	10225911	0.013423
9950162	10345726	0.039754
10401082	10336138	0.006244
10039037	10523566	0.048264
10720405	10439261	0.026225
10472736	10635306	0.015523
10316842	10648432	0.032141
11349462	10567774	0.068874
10596721	10899594	0.028582
10422510	10803227	0.036528
10517334	10619811	0.009744
10173830	10597480	0.041641
10643200	10504571	0.013025
10644777	10585893	0.005532

**Tabel F.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10874248	10658022	0.019884
10634204	10731878	0.009185
11342626	10699597	0.056691
10700738	10867061	0.015543
11357917	10805084	0.048674
12039083	10842067	0.099428
10847521	11282836	0.04013
11298449	11067546	0.020437
10523258	10853301	0.031363
11009588	10813573	0.017804
10435407	10782260	0.033238
11052110	10728095	0.029317
10779472	10819772	0.003739
10598485	10844953	0.023255
10640051	10784995	0.013623
10407194	10781823	0.035997
11684788	10740735	0.080793
11474778	11189205	0.024887
10767119	11248430	0.044702
10586058	11003187	0.039404
10197768	10819550	0.060972
10304461	10706562	0.039022
10950046	10708241	0.022083
10800307	10975261	0.016199
10925571	10960971	0.00324
11047237	11000576	0.004224
11199666	11074131	0.011209

**Tabel F.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10766114	11150121	0.035668
11464239	11041634	0.036863
11946450	11233765	0.059657
Rata-Rata MAPE		0.040129

### **Pelatihan Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian-Variabel Penduduk Node 40 Tansig**

Tabel F.4 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.4 Hasil Pelatihan Model 3**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10543713	10551930	0.000779
10674577	10610860	0.005969
10632275	10664878	0.003066
10585546	10625804	0.003803
10826370	10844299	0.001656
11089222	11102012	0.001153
11139600	11097157	0.00381
10587484	10603229	0.001487
10634136	10506142	0.012036
9604907	9744714	0.014556
9513618	9461229	0.005507
9415425	9430416	0.001592
9963354	10079632	0.011671
10547291	10471746	0.007163

**Tabel F.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10987509	10920760	0.006075
11253573	11345726	0.008189
11607130	11734114	0.01094
11804063	11518297	0.024209
11338168	11494320	0.013772
11427891	11581349	0.013428
11965577	11593588	0.031088
11023314	11198827	0.015922
11380990	11520669	0.012273
11439361	11589347	0.013111
11399118	11195545	0.017859
12159168	11697751	0.037948
11763752	11825051	0.005211
11507804	11822323	0.027331
12099475	12335815	0.019533
12258785	12347671	0.007251
11553164	11906298	0.030566
13015579	12285569	0.056087
12301997	12237450	0.005247
12383249	11854915	0.042665
11719146	11924675	0.017538
11859723	11534413	0.02743
10353094	10750676	0.038402
9299726	9893764	0.063877
12422241	12221453	0.016164
12107246	12065157	0.003476
11988539	11989492	7.95E-05

**Tabel F.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12760477	12753892	0.000516
11794540	11868501	0.006271
13156786	13121337	0.002694
10986163	10927018	0.005384
11168499	11307934	0.012485
9665017	9667402	0.000247
9450384	9411917	0.00407
10090464	10065629	0.002461
9950162	9879404	0.007111
10401082	10432096	0.002982
10039037	10062208	0.002308
10720405	10667040	0.004978
10472736	10417654	0.00526
10316842	10505918	0.018327
11349462	11174709	0.015397
10596721	10486210	0.010429
10422510	10638387	0.020713
10517334	10517033	2.86E-05
10173830	10207896	0.003348
10643200	10699207	0.005262
10644777	10731408	0.008138
10874248	10933819	0.005478
10634204	10826819	0.018113
11342626	11237294	0.009286
10700738	10809380	0.010153
11357917	11041729	0.027839
12039083	11724819	0.026104

**Tabel F.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10847521	10954972	0.009906
11298449	11077906	0.01952
10523258	10783722	0.024751
11009588	10815383	0.01764
10435407	10602402	0.016003
11052110	10936542	0.010457
10779472	10718513	0.005655
10598485	10679803	0.007673
10640051	10976554	0.031626
10407194	10338564	0.006594
11684788	11380260	0.026062
11474778	11370793	0.009062
10767119	10959478	0.017865
10586058	10616987	0.002922
10197768	10425317	0.022314
10304461	10379083	0.007242
10950046	10729046	0.020183
10800307	11205091	0.037479
10925571	10903455	0.002024
11047237	10808887	0.021576
11199666	10980118	0.019603
10766114	11057061	0.027024
11464239	11669232	0.017881
11946450	11607588	0.028365
<b>Rata-Rata MAPE</b>		<b>0.013964</b>

### Pengujian Model 1 Variabel Pemakaian Node 7 Logsig

Tabel F.5 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 1 dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.5 Hasil Pengujian Model 1**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11081874	11314893	0.021027
10882520	11104935	0.020438
11254933	10926062	0.02922
11361011	11096953	0.023242
11278931	11227527	0.004557
11088674	11212693	0.011184
11038906	11085749	0.004243
12430396	11019355	0.113515
11297054	11584613	0.025454
12306613	11609363	0.056656
11320827	11635272	0.027776
11226319	11574698	0.031032
11350267	11173526	0.015572
11194823	11214844	0.001788
11664699	11163479	0.042969
11523982	11351888	0.014934
11858138	11439685	0.035288
11691641	11545505	0.012499
11218934	11600348	0.033997
12674038	11277454	0.110192
12476473	11733040	0.059587
12694818	12239243	0.035887
12221254	12241499	0.001657



**Tabel F.5 Hasil Pengujian Model 1 (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
12154002	12163792	0.000805
11962562	11962127	3.63E-05
11858245	11853335	0.000414
12231885	11724207	0.041504
12545932	11838919	0.056354
12291751	12109157	0.014855
11988858	12138153	0.012453
12125187	11922525	0.016714
12898562	11852161	0.081125
12753038	12180938	0.04486
13231494	12370366	0.065082
Rata-Rata MAPE		0.03138

### **Pengujian Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75 Tansig**

Tabel F.6 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11350267	11672812	0.028417
11194823	11715132	0.046478
11664699	12055283	0.033484
11523982	12132188	0.052777
11858138	12179054	0.027063
11691641	12098153	0.034769

**Tabel F.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11218934	12393729	0.104715
12674038	12721497	0.003745
12476473	12438333	0.003057
12694818	12733452	0.003043
12221254	12103794	0.009611
12154002	12441075	0.02362
11962562	11915881	0.003902
11858245	11842781	0.001304
12231885	11952054	0.022877
12545932	12084221	0.036802
12291751	12165986	0.010232
11988858	12114282	0.010462
12125187	12105471	0.001626
12898562	12369917	0.040985
12753038	12380349	0.029224
13231494	12570774	0.049935
Rata-Rata MAPE		0.026279

### **Pengujian Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9 Tansig**

Tabel F.7 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10882520	11108128	0.020731
11254933	11010646	0.021705

**Tabel F.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11361011	11123790	0.02088
11278931	11201926	0.006827
11088674	11161883	0.006602
11038906	11082822	0.003978
12430396	11043338	0.111586
11297054	11581101	0.025143
12306613	11297401	0.082006
11320827	11356731	0.003171
11226319	11422319	0.017459
11350267	11294204	0.004939
11194823	11406305	0.018891
11664699	11424763	0.020569
11523982	11593223	0.006008
11858138	11661390	0.016592
11691641	11757672	0.005648
11218934	11816467	0.053261
12674038	11703730	0.076559
12476473	12000160	0.038177
12694818	12292508	0.031691
12221254	12198764	0.00184
12154002	12250491	0.007939
11962562	12144269	0.01519
11858245	12174123	0.026638
12231885	12152037	0.006528
12545932	12192850	0.028143
12291751	12324785	0.002687
11988858	12388811	0.03336

**Tabel F.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
12125187	12305535	0.014874
12898562	12241400	0.050948
12753038	12268445	0.037998
13231494	12507620	0.054708
Rata-Rata MAPE		0.026463

### **Pengujian Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian- Variabel Penduduk Node 40 Tansig**

Tabel F.8 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node* dan fungsi aktivasi terbaik

**Tabel F.8 Hasil Pengujian Model 3**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11664699	10956865	0.060682
11523982	11389518	0.011668
11858138	11486344	0.031353
11691641	11451926	0.020503
11218934	11944325	0.064658
12674038	12181875	0.038832
12476473	12590565	0.009145
12694818	12581821	0.008901
12221254	12654569	0.035456
12154002	11966271	0.015446
11962562	12322163	0.03006
11858245	12195901	0.028474
12231885	12196173	0.00292

**Tabel F.8 Hasil Pengujian Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12545932	12316144	0.018316
12291751	12505097	0.017357
11988858	12402506	0.034503
12125187	12103152	0.001817
12898562	12631046	0.02074
12753038	13013752	0.020443
13231494	12956954	0.020749
Rata-Rata MAPE		0.024601

## LAMPIRAN G

### HASIL UJI COBA LAJU PEMBELAJARAN TERBAIK

#### Pelatihan Model 1 Variabel Pemakaian Node 7 Logsig LR 0.8

Tabel G.1 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 1 dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik.

**Tabel G.1 Hasil Pelatihan Model 1**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
3438305	3470183	0.009272
4024909	4195967	0.0425
4280645	5135991	0.199817
6061743	5127396	0.154138
8092826	7798621	0.036354
8511022	8588917	0.009152
8917324	9092162	0.019607
8976539	9497050	0.057986
9606337	9559284	0.004898
9315173	10052519	0.079155
10198165	9820349	0.037047
9756668	10456002	0.071678
9584058	10124505	0.05639
9547851	10017204	0.049158
10543713	9997356	0.051818
10674577	10664019	0.000989
10632275	10750629	0.011132
10585546	10731707	0.013808
10826370	10699944	0.011678

**Tabel G.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11089222	10841586	0.022331
11139600	11007497	0.011859
10587484	11076706	0.046208
10634136	10742128	0.010155
9604907	10728143	0.116944
9513618	9983204	0.049359
9415425	9971279	0.059037
9963354	9901136	0.006245
10547291	10296979	0.023732
10987509	10662828	0.02955
11253573	10925425	0.029159
11607130	11116032	0.04231
11804063	11344948	0.038895
11338168	11554870	0.019113
11427891	11390009	0.003315
11965577	11285170	0.056864
11023314	11555704	0.048297
11380990	11243827	0.012052
11439361	11184019	0.022321
11399118	11303458	0.008392
12159168	11300570	0.070613
11763752	11620989	0.012136
11507804	11764323	0.022291
12099475	11469930	0.052031
12258785	11640426	0.050442
11553164	11953879	0.034684
13015579	11696077	0.101379
12301997	11991550	0.025235

**Tabel G.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12383249	12280904	0.008265
11719146	12081487	0.030919
11859723	11835688	0.002027
10353094	11624568	0.122811
9299726	10670055	0.147352
12422241	9752611	0.214907
12107246	11297884	0.066849
11988539	12025033	0.003044
12760477	11846349	0.071637
11794540	12086152	0.024724
13156786	12015885	0.086716
10986163	12137164	0.104768
11168499	11643338	0.042516
9665017	11073011	0.145679
9450384	10003257	0.058503
10090464	9921492	0.016746
9950162	10382110	0.043411
10401082	10268646	0.012733
10039037	10573801	0.053268
10720405	10324093	0.036968
10472736	10762109	0.027631
10316842	10630417	0.030395
11349462	10518508	0.073215
10596721	11069421	0.044608
10422510	10777226	0.034034
10517334	10592147	0.007113
10173830	10649264	0.046731
10643200	10419247	0.021042



**Tabel G.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10644777	10720490	0.007113
10874248	10737689	0.012558
10634204	10872866	0.022443
11342626	10747128	0.052501
10700738	11100664	0.037374
11357917	10850919	0.044638
12039083	11116410	0.07664
10847521	11559058	0.065594
11298449	11137286	0.014264
10523258	11112748	0.056018
11009588	10715593	0.026704
10435407	10934708	0.047847
11052110	10621738	0.03894
10779472	10948944	0.015722
10598485	10859604	0.024637
10640051	10716778	0.007211
10407194	10732348	0.031243
11684788	10583115	0.094283
11474778	11199475	0.023992
10767119	11422869	0.060903
10586058	10923028	0.031831
10197768	10707901	0.050024
10304461	10436373	0.012801
10950046	10509871	0.040199
10800307	10890681	0.008368
10925571	10859915	0.006009
11047237	10916377	0.011845
11199666	10999329	0.017888

**Tabel G.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10766114	11100235	0.031034
11464239	10872134	0.051648
11946450	11171361	0.06488
Rata-Rata MAPE		0.043465

### **Pelatihan Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75 Tansig LR 0.75**

Tabel G.2 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik

**Tabel G.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9584058	9567308	0.001748
9547851	9568814	0.002196
10543713	10535676	0.000762
10674577	10665000	0.000897
10632275	10707891	0.007112
10585546	10588108	0.000242
10826370	10878668	0.004831
11089222	11081598	0.000687
11139600	10756999	0.034346
10587484	10645493	0.005479
10634136	10686335	0.004909
9604907	9961726	0.03715
9513618	9367594	0.015349
9415425	9603311	0.019955

**Tabel G.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9963354	9886598	0.007704
10547291	10533068	0.001349
10987509	11043566	0.005102
11253573	11097157	0.013899
11607130	11536193	0.006112
11804063	11765092	0.003301
11338168	11421689	0.007366
11427891	11802521	0.032782
11965577	11440248	0.043903
11023314	11255682	0.02108
11380990	11440156	0.005199
11439361	11367621	0.006271
11399118	11194846	0.01792
12159168	11605187	0.045561
11763752	11989078	0.019154
11507804	12186488	0.058976
12099475	12099754	2.31E-05
12258785	12481092	0.018135
11553164	11836905	0.02456
13015579	11960563	0.081058
12301997	12137232	0.013393
12383249	11970493	0.033332
11719146	11924436	0.017518
11859723	11533576	0.0275
10353094	10827434	0.045816
9299726	10348007	0.112722
12422241	11901316	0.041935

**Tabel G.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12107246	11947891	0.013162
11988539	11902363	0.007188
12760477	12715846	0.003498
11794540	11845644	0.004333
13156786	12956028	0.015259
10986163	11027025	0.003719
11168499	11188372	0.001779
9665017	9604997	0.00621
9450384	9362098	0.009342
10090464	10041047	0.004897
9950162	10014373	0.006453
10401082	10484978	0.008066
10039037	10133561	0.009416
10720405	10659435	0.005687
10472736	10379697	0.008884
10316842	10487813	0.016572
11349462	11290399	0.005204
10596721	10466350	0.012303
10422510	10776897	0.034002
10517334	10430509	0.008255
10173830	10180329	0.000639
10643200	10558841	0.007926
10644777	10744383	0.009357
10874248	10889925	0.001442
10634204	10766712	0.012461
11342626	11039016	0.026767
10700738	11108636	0.038119

**Tabel G.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11357917	10872841	0.042708
12039083	11648124	0.032474
10847521	10954513	0.009863
11298449	11336241	0.003345
10523258	10698963	0.016697
11009588	10774196	0.021381
10435407	10551607	0.011135
11052110	10913437	0.012547
10779472	11004492	0.020875
10598485	10394884	0.01921
10640051	11169285	0.04974
10407194	10681382	0.026346
11684788	11119079	0.048414
11474778	11371416	0.009008
10767119	11029579	0.024376
10586058	10799145	0.020129
10197768	10586672	0.038136
10304461	10657137	0.034226
10950046	10663176	0.026198
10800307	11243339	0.04102
10925571	10940606	0.001376
11047237	10857762	0.017151
11199666	10767974	0.038545
10766114	10967928	0.018745
11464239	11541830	0.006768
11946450	11367196	0.048488
<b>Rata-Rata MAPE</b>		<b>0.0188</b>

### **Pelatihan Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9 Tansig LR 0.4**

Tabel G.3 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik

**Tabel G.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
4024909	4105721	0.020078
4280645	5058593	0.181736
6061743	5450088	0.100904
8092826	7246941	0.104523
8511022	8896303	0.045268
8917324	8956068	0.004345
8976539	9260406	0.031623
9606337	9337860	0.027948
9315173	9998809	0.073389
10198165	9753249	0.043627
9756668	10534304	0.079703
9584058	10038488	0.047415
9547851	9866599	0.033384
10543713	9853574	0.065455
10674577	10651972	0.002118
10632275	10587504	0.004211
10585546	10539353	0.004364
10826370	10465846	0.033301
11089222	10628758	0.041524
11139600	10766713	0.033474

**Tabel G.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10587484	10734738	0.013908
10634136	10228159	0.038177
9604907	10369648	0.07962
9513618	9587524	0.007768
9415425	9706050	0.030867
9963354	9859710	0.010402
10547291	10436740	0.010481
10987509	10918728	0.00626
11253573	11271602	0.001602
11607130	11498542	0.009355
11804063	11744250	0.005067
11338168	11902720	0.049792
11427891	11672635	0.021416
11965577	11586216	0.031704
11023314	11852155	0.07519
11380990	11453696	0.006388
11439361	11325993	0.00991
11399118	11547148	0.012986
12159168	11507000	0.053636
11763752	11830528	0.005676
11507804	11844516	0.029259
12099475	11536347	0.046542
12258785	11754565	0.041131
11553164	12010754	0.039607
13015579	11695589	0.101416
12301997	11998038	0.024708
12383249	12265236	0.00953

**Tabel G.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11719146	11862147	0.012202
11859723	11756902	0.00867
10353094	11542647	0.114898
9299726	11069275	0.19028
12422241	10344310	0.167275
12107246	11531486	0.047555
11988539	11871124	0.009794
12760477	11627592	0.088781
11794540	11882279	0.007439
13156786	11811879	0.102222
10986163	11755986	0.070072
11168499	11618343	0.040278
9665017	10826899	0.120215
9450384	10584118	0.119967
10090464	10231111	0.013939
9950162	10351023	0.040287
10401082	10342066	0.005674
10039037	10529121	0.048818
10720405	10444985	0.025691
10472736	10641008	0.016068
10316842	10654060	0.032686
11349462	10573111	0.068404
10596721	10905112	0.029102
10422510	10808562	0.03704
10517334	10625092	0.010246
10173830	10602995	0.042183
10643200	10510113	0.012504



**Tabel G.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10644777	10591729	0.004984
10874248	10663504	0.01938
10634204	10737232	0.009688
11342626	10704791	0.056233
10700738	10872467	0.016048
11357917	10809899	0.04825
12039083	10847826	0.098949
10847521	11286478	0.040466
11298449	11070543	0.020171
10523258	10858623	0.031869
11009588	10817551	0.017443
10435407	10787685	0.033758
11052110	10732788	0.028892
10779472	10825130	0.004236
10598485	10849324	0.023667
10640051	10789961	0.014089
10407194	10787023	0.036497
11684788	10746059	0.080338
11474778	11193564	0.024507
10767119	11250935	0.044935
10586058	11007293	0.039791
10197768	10825916	0.061597
10304461	10713452	0.039691
10950046	10715412	0.021428
10800307	10981235	0.016752
10925571	10966713	0.003766
11047237	11006431	0.003694

**Tabel G.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11199666	11079614	0.010719
10766114	11155308	0.03615
11464239	11046928	0.036401
11946450	11239571	0.059171
Rata-Rata MAPE		0.040158

### **Pelatihan Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian-Variabel Penduduk Node 40 Tansig LR 0.7**

Tabel G.4 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik

**Tabel G.4 Hasil Pelatihan Model 3**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10543713	10552099	0.000795
10674577	10612620	0.005804
10632275	10668531	0.00341
10585546	10625032	0.00373
10826370	10847563	0.001958
11089222	11101022	0.001064
11139600	11093838	0.004108
10587484	10608636	0.001998
10634136	10502886	0.012342
9604907	9754260	0.01555
9513618	9456645	0.005989

**Tabel G.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9415425	9431837	0.001743
9963354	10080914	0.011799
10547291	10463388	0.007955
10987509	10914968	0.006602
11253573	11347199	0.00832
11607130	11743790	0.011774
11804063	11515905	0.024412
11338168	11492272	0.013592
11427891	11572011	0.012611
11965577	11596457	0.030848
11023314	11196224	0.015686
11380990	11525698	0.012715
11439361	11578227	0.012139
11399118	11197725	0.017667
12159168	11700959	0.037684
11763752	11824276	0.005145
11507804	11814046	0.026612
12099475	12331569	0.019182
12258785	12347374	0.007227
11553164	11913139	0.031158
13015579	12288972	0.055826
12301997	12234166	0.005514
12383249	11849797	0.043078
11719146	11925404	0.0176
11859723	11526638	0.028085
10353094	10747206	0.038067
9299726	9893503	0.063849

**Tabel G.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12422241	12224759	0.015897
12107246	12064440	0.003536
11988539	11984308	0.000353
12760477	12751866	0.000675
11794540	11866115	0.006068
13156786	13120667	0.002745
10986163	10921460	0.00589
11168499	11309612	0.012635
9665017	9663868	0.000119
9450384	9401980	0.005122
10090464	10064830	0.00254
9950162	9877629	0.00729
10401082	10430762	0.002854
10039037	10059414	0.00203
10720405	10668106	0.004878
10472736	10414310	0.005579
10316842	10497235	0.017485
11349462	11173758	0.015481
10596721	10489444	0.010124
10422510	10632437	0.020142
10517334	10513208	0.000392
10173830	10204460	0.003011
10643200	10698278	0.005175
10644777	10737819	0.008741
10874248	10929050	0.00504
10634204	10820003	0.017472
11342626	11238850	0.009149

**Tabel G.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10700738	10802445	0.009505
11357917	11030885	0.028793
12039083	11725536	0.026044
10847521	10955196	0.009926
11298449	11076201	0.019671
10523258	10780713	0.024465
11009588	10815378	0.01764
10435407	10598322	0.015612
11052110	10935243	0.010574
10779472	10708065	0.006624
10598485	10676748	0.007384
10640051	10970140	0.031023
10407194	10331309	0.007292
11684788	11375589	0.026462
11474778	11371488	0.009002
10767119	10966849	0.01855
10586058	10618990	0.003111
10197768	10428515	0.022627
10304461	10380156	0.007346
10950046	10727879	0.020289
10800307	11198338	0.036854
10925571	10900617	0.002284
11047237	10803487	0.022064
11199666	10979788	0.019633
10766114	11052861	0.026634
11464239	11662907	0.017329
11946450	11598378	0.029136

**Tabel G.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
Rata-Rata MAPE		0.014021

### **Pengujian Model 1 Variabel Pemakaian Node 7 Logsig LR 0.8**

Tabel G.5 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 1 dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik

**Tabel G.5 Hasil Pengujian Model 1**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11081874	11316622	0.021183
10882520	11106889	0.020617
11254933	10928020	0.029046
11361011	11098140	0.023138
11278931	11228959	0.004431
11088674	11214360	0.011335
11038906	11087592	0.00441
12430396	11021090	0.113376
11297054	11585821	0.025561
12306613	11611597	0.056475
11320827	11636540	0.027888
11226319	11576953	0.031233
11350267	11175219	0.015422
11194823	11216256	0.001915
11664699	11165249	0.042817
11523982	11352927	0.014843
11858138	11441399	0.035144

**Tabel G.5 Hasil Pengujian Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11691641	11546830	0.012386
11218934	11602048	0.034149
12674038	11279560	0.110026
12476473	11734814	0.059445
12694818	12239588	0.03586
12221254	12242143	0.001709
12154002	12164326	0.000849
11962562	11963386	6.89E-05
11858245	11854799	0.000291
12231885	11725795	0.041375
12545932	11840353	0.05624
12291751	12110252	0.014766
11988858	12138869	0.012513
12125187	11923869	0.016603
12898562	11853583	0.081015
12753038	12182329	0.044751
13231494	12370140	0.065099
<b>Rata-Rata MAPE</b>		<b>0.031352</b>

### **Pengujian Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75 Tansig LR 0.75**

Tabel G.6 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel pemakaian dan

pelanggan dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik

**Tabel G.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11350267	11671820	0.02833
11194823	11717142	0.046657
11664699	12051466	0.033157
11523982	12138082	0.053289
11858138	12184648	0.027535
11691641	12106561	0.035489
11218934	12399809	0.105257
12674038	12727351	0.004206
12476473	12440544	0.00288
12694818	12742879	0.003786
12221254	12125813	0.007809
12154002	12466775	0.025734
11962562	11935725	0.002243
11858245	11864961	0.000566
12231885	11969050	0.021488
12545932	12104953	0.035149
12291751	12194166	0.007939
11988858	12149361	0.013388
12125187	12135448	0.000846
12898562	12395139	0.039029
12753038	12401440	0.02757
13231494	12599420	0.04777
Rata-Rata MAPE		0.025914



### **Pengujian Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9 Tansig LR 0.4**

Tabel G.7 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik

**Tabel G.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10882520	11114277	0.021296
11254933	11017468	0.021099
11361011	11130747	0.020268
11278931	11208192	0.006272
11088674	11168032	0.007157
11038906	11089216	0.004558
12430396	11050103	0.111042
11297054	11587720	0.025729
12306613	11302160	0.081619
11320827	11363525	0.003772
11226319	11424916	0.01769
11350267	11297231	0.004673
11194823	11409196	0.019149
11664699	11427288	0.020353
11523982	11596612	0.006302
11858138	11663255	0.016435
11691641	11760811	0.005916
11218934	11818280	0.053423
12674038	11705513	0.076418
12476473	12008305	0.037524
12694818	12293897	0.031581

**Tabel G.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
12221254	12202303	0.001551
12154002	12251606	0.008031
11962562	12147267	0.01544
11858245	12177606	0.026932
12231885	12156461	0.006166
12545932	12200394	0.027542
12291751	12333147	0.003368
11988858	12394481	0.033833
12125187	12310609	0.015292
12898562	12249616	0.050311
12753038	12281853	0.036947
13231494	12517306	0.053976
Rata-Rata MAPE		0.026414

### **Pengujian Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian- Variabel Penduduk Node 40 Tansig LR 0.7**

Tabel G.8 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi dan inisiasi awal laju pembelajaran terbaik

**Tabel G.8 Hasil Pengujian Model 3**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11664699	10975229	0.059107
11523982	11413092	0.009623
11858138	11509504	0.0294
11691641	11479955	0.018106
11218934	11973085	0.067221

**Tabel G.8 Hasil Pengujian Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12674038	12244601	0.033883
12476473	12601588	0.010028
12694818	12596071	0.007779
12221254	12657215	0.035672
12154002	11997095	0.01291
11962562	12359332	0.033168
11858245	12216219	0.030188
12231885	12195547	0.002971
12545932	12304595	0.019236
12291751	12502422	0.017139
11988858	12442506	0.037839
12125187	12132285	0.000585
12898562	12697514	0.015587
12753038	13031923	0.021868
13231494	12956704	0.020768
Rata-Rata MAPE		0.024154

## LAMPIRAN H

### HASIL UJI COBA MOMENTUM TERBAIK

#### Pelatihan Model 1 Variabel Pemakaian Node 7 Logsig LR 0.8 MC 0.05

Tabel H.1 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 1 dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik

**Tabel H.1 Hasil Pelatihan Model 1**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
3438305	3699093	0.075848
4024909	4339239	0.078096
4280645	5083309	0.18751
6061743	5061454	0.165017
8092826	7432278	0.081621
8511022	8859718	0.04097
8917324	9236866	0.035834
8976539	9573283	0.066478
9606337	9603972	0.000246
9315173	10090870	0.083272
10198165	9824704	0.03662
9756668	10483862	0.074533
9584058	10128257	0.056782
9547851	10026049	0.050084
10543713	10011160	0.050509
10674577	10677300	0.000255
10632275	10764383	0.012425
10585546	10748790	0.015421
10826370	10717363	0.010069

**Tabel H.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11089222	10850909	0.021491
11139600	11014011	0.011274
10587484	11091668	0.047621
10634136	10769457	0.012725
9604907	10743745	0.118568
9513618	9962277	0.04716
9415425	9982979	0.060279
9963354	9913208	0.005033
10547291	10325441	0.021034
10987509	10675898	0.02836
11253573	10927425	0.028982
11607130	11123619	0.041656
11804063	11357506	0.037831
11338168	11578500	0.021197
11427891	11427790	8.85E-06
11965577	11304204	0.055273
11023314	11573507	0.049912
11380990	11292310	0.007792
11439361	11189943	0.021804
11399118	11324132	0.006578
12159168	11324481	0.068647
11763752	11639045	0.010601
11507804	11790789	0.024591
12099475	11502586	0.049332
12258785	11660631	0.048794
11553164	11967914	0.035899
13015579	11728439	0.098892
12301997	12023148	0.022667

**Tabel H.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12383249	12241584	0.01144
11719146	12083160	0.031062
11859723	11857453	0.000191
10353094	11649779	0.125246
9299726	10703131	0.150908
12422241	9718363	0.217664
12107246	11258789	0.070078
11988539	12029189	0.003391
12760477	11866905	0.070027
11794540	12098079	0.025736
13156786	12015064	0.086778
10986163	12159594	0.10681
11168499	11649407	0.043059
9665017	11082976	0.14671
9450384	9970895	0.055078
10090464	9928196	0.016081
9950162	10409687	0.046183
10401082	10283674	0.011288
10039037	10591607	0.055042
10720405	10337508	0.035717
10472736	10768058	0.028199
10316842	10650489	0.03234
11349462	10537151	0.071573
10596721	11051043	0.042874
10422510	10809908	0.037169
10517334	10611266	0.008931
10173830	10665703	0.048347
10643200	10435843	0.019483

**Tabel H.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10644777	10730902	0.008091
10874248	10753932	0.011064
10634204	10881775	0.023281
11342626	10768045	0.050657
10700738	11092083	0.036572
11357917	10883707	0.041751
12039083	11109765	0.077192
10847521	11574923	0.067057
11298449	11188594	0.009723
10523258	11113401	0.05608
11009588	10746131	0.02393
10435407	10935186	0.047893
11052110	10645552	0.036786
10779472	10945464	0.015399
10598485	10882551	0.026802
10640051	10736381	0.009054
10407194	10747970	0.032744
11684788	10602605	0.092615
11474778	11175772	0.026058
10767119	11454158	0.063809
10586058	10959800	0.035305
10197768	10727478	0.051944
10304461	10453301	0.014444
10950046	10528713	0.038478
10800307	10889081	0.00822
10925571	10879366	0.004229
11047237	10927689	0.010822
11199666	11010738	0.016869

**Tabel H.1 Hasil Pelatihan Model 1 (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10766114	11111793	0.032108
11464239	10899903	0.049226
11946450	11164579	0.065448
Rata-Rata MAPE		0.045346

### **Pelatihan Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75 Tansig LR 0.75 MC 0.01**

Tabel H.2 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel pemakaian dan pelanggan dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik.

**Tabel H.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
9584058	9377080	0.021596
9547851	9834684	0.030042
10543713	10556940	0.001255
10674577	10233237	0.041345
10632275	11049340	0.039226
10585546	10719986	0.0127
10826370	10863384	0.003419
11089222	10902967	0.016796
11139600	10609903	0.047551
10587484	10711910	0.011752
10634136	10768153	0.012603
9604907	10198998	0.061853
9513618	9689029	0.018438



**Tabel H.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
9415425	9558839	0.015232
9963354	9844517	0.011927
10547291	10508843	0.003645
10987509	11095800	0.009856
11253573	11153689	0.008876
11607130	11314645	0.025199
11804063	11649269	0.013114
11338168	11496497	0.013964
11427891	11874462	0.039077
11965577	11434598	0.044376
11023314	11256282	0.021134
11380990	11315839	0.005725
11439361	11203257	0.02064
11399118	11152446	0.02164
12159168	11574562	0.048079
11763752	11885990	0.010391
11507804	12075498	0.049331
12099475	12065508	0.002807
12258785	12618611	0.029353
11553164	12020583	0.040458
13015579	11848697	0.089653
12301997	12143954	0.012847
12383249	11702109	0.055005
11719146	11966820	0.021134
11859723	11780950	0.006642
10353094	11148605	0.076838
9299726	10921961	0.174439

**Tabel H.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
12422241	11598719	0.066294
12107246	11974266	0.010983
11988539	11860144	0.01071
12760477	12756435	0.000317
11794540	11764518	0.002545
13156786	12759670	0.030183
10986163	11192474	0.018779
11168499	11153022	0.001386
9665017	9513658	0.015661
9450384	9147263	0.032075
10090464	9910101	0.017875
9950162	10029149	0.007938
10401082	10744906	0.033057
10039037	10102802	0.006352
10720405	10624681	0.008929
10472736	10474624	0.00018
10316842	10501697	0.017918
11349462	11283431	0.005818
10596721	10662207	0.00618
10422510	11098736	0.064881
10517334	10369179	0.014087
10173830	10132124	0.004099
10643200	10527399	0.01088
10644777	10440794	0.019163
10874248	10954505	0.00738
10634204	10831356	0.018539
11342626	10987907	0.031273

**Tabel H.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10700738	11370197	0.062562
11357917	10859135	0.043915
12039083	11562420	0.039593
10847521	11085137	0.021905
11298449	11304676	0.000551
10523258	10834684	0.029594
11009588	10954911	0.004966
10435407	10722072	0.02747
11052110	10903198	0.013474
10779472	11279330	0.046371
10598485	10512095	0.008151
10640051	11352342	0.066944
10407194	10932556	0.050481
11684788	11051982	0.054156
11474778	11273700	0.017523
10767119	11029920	0.024408
10586058	10933055	0.032779
10197768	10716535	0.050871
10304461	10912953	0.059051
10950046	10571965	0.034528
10800307	11224658	0.039291
10925571	11042512	0.010703
11047237	10753896	0.026553
11199666	11001265	0.017715
10766114	10879501	0.010532
11464239	11147669	0.027614
11946450	11090309	0.071665

**Tabel H.2 Hasil Pelatihan Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
Rata-Rata MAPE		0.027094

### **Pelatihan Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9 Tansig LR 0.4 MC 0.95**

Tabel H.3 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik

**Tabel H.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
4024909	4085681	0.015099
4280645	5059322	0.181906
6061743	5449206	0.10105
8092826	7277594	0.100735
8511022	8903723	0.04614
8917324	8932450	0.001696
8976539	9236019	0.028906
9606337	9321139	0.029689
9315173	9983570	0.071754
10198165	9748718	0.044071
9756668	10527051	0.07896
9584058	10048906	0.048502
9547851	9879725	0.034759
10543713	9863013	0.06456
10674577	10645225	0.00275
10632275	10580056	0.004911

**Tabel H.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10585546	10538359	0.004458
10826370	10464582	0.033417
11089222	10621815	0.04215
11139600	10755432	0.034487
10587484	10724820	0.012971
10634136	10225976	0.038382
9604907	10360855	0.078704
9513618	9578363	0.006805
9415425	9700531	0.030281
9963354	9857160	0.010658
10547291	10432123	0.010919
10987509	10911172	0.006948
11253573	11265885	0.001094
11607130	11497193	0.009472
11804063	11744166	0.005074
11338168	11904300	0.049932
11427891	11682041	0.022239
11965577	11591678	0.031248
11023314	11848870	0.074892
11380990	11467965	0.007642
11439361	11331218	0.009454
11399118	11549894	0.013227
12159168	11511302	0.053282
11763752	11826511	0.005335
11507804	11847648	0.029532
12099475	11542222	0.046056
12258785	11750832	0.041436

**Tabel H.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11553164	12007543	0.039329
13015579	11701416	0.100968
12301997	11987712	0.025547
12383249	12265210	0.009532
11719146	11858967	0.011931
11859723	11757519	0.008618
10353094	11537313	0.114383
9299726	11082400	0.191691
12422241	10371142	0.165115
12107246	11533493	0.047389
11988539	11865044	0.010301
12760477	11617170	0.089597
11794540	11866415	0.006094
13156786	11803421	0.102864
10986163	11735610	0.068217
11168499	11617143	0.04017
9665017	10815858	0.119073
9450384	10594547	0.12107
10090464	10240451	0.014864
9950162	10357950	0.040983
10401082	10348793	0.005027
10039037	10528836	0.048789
10720405	10447047	0.025499
10472736	10636320	0.01562
10316842	10650359	0.032327
11349462	10567529	0.068896
10596721	10897471	0.028381

**Tabel H.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10422510	10800368	0.036254
10517334	10614008	0.009192
10173830	10595043	0.041402
10643200	10504873	0.012997
10644777	10584791	0.005635
10874248	10656388	0.020035
10634204	10726049	0.008637
11342626	10692869	0.057284
10700738	10860450	0.014925
11357917	10795534	0.049515
12039083	10831699	0.100289
10847521	11276228	0.039521
11298449	11047464	0.022214
10523258	10834380	0.029565
11009588	10798762	0.019149
10435407	10772112	0.032266
11052110	10718420	0.030192
10779472	10815830	0.003373
10598485	10837543	0.022556
10640051	10774102	0.012599
10407194	10777621	0.035593
11684788	10737399	0.081079
11474778	11211476	0.022946
10767119	11246558	0.044528
10586058	10981930	0.037396
10197768	10813549	0.060384
10304461	10709785	0.039335

**Tabel H.3 Hasil Pelatihan Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10950046	10723132	0.020723
10800307	11006384	0.019081
10925571	10975366	0.004558
11047237	11011293	0.003254
11199666	11088158	0.009956
10766114	11164117	0.036968
11464239	11042978	0.036746
11946450	11260126	0.05745
Rata-Rata MAPE		0.039957

### **Pelatihan Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian-Variabel Penduduk Node 40 Tansig LR 0.7 MC 0.3**

Tabel H.4 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pelatihan model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik

**Tabel H.4 Hasil Pelatihan Model 3**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
10543713	10572255	0.002707
10674577	10550433	0.01163
10632275	10670662	0.00361
10585546	10673670	0.008325
10826370	10900574	0.006854
11089222	11064362	0.002242
11139600	11004139	0.01216



**Tabel H.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10587484	10664851	0.007307
10634136	10418809	0.020249
9604907	9751920	0.015306
9513618	9499407	0.001494
9415425	9572063	0.016636
9963354	10051906	0.008888
10547291	10449233	0.009297
10987509	10838966	0.013519
11253573	11415646	0.014402
11607130	11704156	0.008359
11804063	11493406	0.026318
11338168	11576321	0.021004
11427891	11609855	0.015923
11965577	11630475	0.028005
11023314	11182112	0.014406
11380990	11448462	0.005928
11439361	11572521	0.011641
11399118	11121646	0.024342
12159168	11740372	0.034443
11763752	11930469	0.014172
11507804	12007382	0.043412
12099475	12302928	0.016815
12258785	12299871	0.003352
11553164	12008987	0.039454
13015579	12077345	0.072085
12301997	12120966	0.014716
12383249	11564164	0.066145

**Tabel H.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11719146	11979393	0.022207
11859723	11395144	0.039173
10353094	11108956	0.073008
9299726	10261828	0.103455
12422241	11972892	0.036173
12107246	11946428	0.013283
11988539	12102497	0.009506
12760477	12777833	0.00136
11794540	12007903	0.01809
13156786	12976887	0.013673
10986163	10967564	0.001693
11168499	11316928	0.01329
9665017	9715542	0.005228
9450384	9514161	0.006749
10090464	10052550	0.003757
9950162	9857125	0.00935
10401082	10472629	0.006879
10039037	10045362	0.00063
10720405	10565547	0.014445
10472736	10484767	0.001149
10316842	10612573	0.028665
11349462	11080326	0.023714
10596721	10497546	0.009359
10422510	10703888	0.026997
10517334	10518053	6.84E-05
10173830	10399025	0.022135
10643200	10725101	0.007695

**Tabel H.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10644777	10751525	0.010028
10874248	10961416	0.008016
10634204	10877418	0.022871
11342626	11131772	0.01859
10700738	10918613	0.020361
11357917	10907709	0.039638
12039083	11586766	0.037571
10847521	10954877	0.009897
11298449	10952335	0.030634
10523258	10795965	0.025915
11009588	10803136	0.018752
10435407	10666136	0.02211
11052110	10914981	0.012407
10779472	10918739	0.01292
10598485	10634287	0.003378
10640051	11041382	0.037719
10407194	10399538	0.000736
11684788	11284425	0.034264
11474778	11306285	0.014684
10767119	11070269	0.028155
10586058	10714634	0.012146
10197768	10474562	0.027143
10304461	10445073	0.013646
10950046	10675527	0.02507
10800307	11300044	0.046271
10925571	10890009	0.003255
11047237	10774849	0.024657

**Tabel H.4 Hasil Pelatihan Model 3 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11199666	11083440	0.010378
10766114	11139192	0.034653
11464239	11553575	0.007793
11946450	11529865	0.034871
Rata-Rata MAPE		0.019298

### **Pengujian Model 1 Variabel Pemakaian Node 7 Logsig LR 0.8 MC 0.05**

Tabel H.5 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 1 dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik

**Tabel H.5 Hasil Pengujian Model 1**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11081874	11344392	0.023689
10882520	11135278	0.023226
11254933	10949653	0.027124
11361011	11101432	0.022848
11278931	11245638	0.002952
11088674	11237485	0.01342
11038906	11111714	0.006596
12430396	11038846	0.111947
11297054	11598331	0.026669
12306613	11650246	0.053335
11320827	11654030	0.029433
11226319	11617592	0.034853
11350267	11197815	0.013432

**Tabel H.5 Hasil Pengujian Model 1 (lanjutan)**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11194823	11231888	0.003311
11664699	11189843	0.040709
11523982	11362294	0.014031
11858138	11471057	0.032643
11691641	11567764	0.010595
11218934	11632067	0.036825
12674038	11316904	0.10708
12476473	11760134	0.057415
12694818	12215995	0.037718
12221254	12225642	0.000359
12154002	12148269	0.000472
11962562	11975353	0.001069
11858245	11874872	0.001402
12231885	11752074	0.039226
12545932	11861227	0.054576
12291751	12111980	0.014625
11988858	12129355	0.011719
12125187	11938371	0.015407
12898562	11873641	0.07946
12753038	12185326	0.044516
13231494	12325225	0.068493
Rata-Rata MAPE		0.031211

### **Pengujian Model 2 Variabel Pemakaian-Variabel Pelanggan Node 75 Tansig LR 0.75 MC 0.01**

Tabel H.6 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel pemakaian dan

pelanggan dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik

**Tabel H.6 Hasil Pengujian Model 2 Pakai-Pelanggan (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11350267	11559931	0.018472
11194823	11494199	0.026742
11664699	11611054	0.004599
11523982	11787088	0.022831
11858138	11990111	0.011129
11691641	12098232	0.034776
11218934	12094134	0.078011
12674038	12662244	0.000931
12476473	11818530	0.052735
12694818	12547197	0.011628
12221254	12026296	0.015952
12154002	12338405	0.015172
11962562	11889540	0.006104
11858245	11928387	0.005915
12231885	12061473	0.013932
12545932	12082894	0.036907
12291751	12273902	0.001452
11988858	12570844	0.048544
12125187	12429250	0.025077
12898562	12516135	0.029649
12753038	12426135	0.025633
13231494	12960397	0.020489
Rata-Rata MAPE		0.023031

### **Pengujian Model 2 Variabel Penduduk-Variabel Pemakaian Node 9 Tansig LR 0.4 MC 0.95**

Tabel H.7 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 2 variabel penduduk dan pemakaian dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik

**Tabel H.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
10882520	11112726	0.021154
11254933	11019533	0.020915
11361011	11150720	0.01851
11278931	11225847	0.004706
11088674	11174608	0.00775
11038906	11090969	0.004716
12430396	11055593	0.1106
11297054	11638046	0.030184
12306613	11293540	0.082319
11320827	11379877	0.005216
11226319	11411655	0.016509
11350267	11279831	0.006206
11194823	11414952	0.019663
11664699	11431326	0.020007
11523982	11621154	0.008432
11858138	11678559	0.015144
11691641	11787647	0.008212
11218934	11837797	0.055162
12674038	11711999	0.075906
12476473	12087086	0.03121
12694818	12342348	0.027765

**Tabel H.7 Hasil Pengujian Model 2 Penduduk-Pakai (lanjutan)**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
12221254	12242931	0.001774
12154002	12276517	0.01008
11962562	12182180	0.018359
11858245	12219958	0.030503
12231885	12205708	0.00214
12545932	12273390	0.021724
12291751	12414004	0.009946
11988858	12456475	0.039004
12125187	12366018	0.019862
12898562	12324470	0.044508
12753038	12385402	0.028827
13231494	12601897	0.047583
Rata-Rata MAPE		0.0262

### **Pengujian Model 3 Variabel Pelanggan-Variabel Pemakaian- Variabel Penduduk Node 40 Tansig LR 0.7 MC 0.3**

Tabel H.8 menunjukkan hasil peramalan dan perhitungan MAPE untuk pengujian model 3 variabel pelanggan, pemakaian dan penduduk dengan jumlah lapisan masukan, jumlah *node*, fungsi aktivasi, inisiasi awal laju pembelajaran dan momentum terbaik

**Tabel H.8 Hasil Pengujian Model 3**

Data Aktual	Peramalan	Nilai MAPE
11664699	11107589	0.04776
11523982	11082794	0.038284
11858138	11583431	0.023166



**Tabel H.8 Hasil Pengujian Model 3**

<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Nilai MAPE</b>
11691641	11495058	0.016814
11218934	11937105	0.064014
12674038	12350856	0.0255
12476473	12377636	0.007922
12694818	12629544	0.005142
12221254	12365340	0.01179
12154002	12082451	0.005887
11962562	12298471	0.02808
11858245	12066168	0.017534
12231885	12441830	0.017164
12545932	12131400	0.033041
12291751	12418705	0.010328
11988858	12573245	0.048744
12125187	12368967	0.020105
12898562	12930690	0.002491
12753038	12959707	0.016205
13231494	13018741	0.016079
<b>Rata-Rata MAPE</b>		<b>0.022803</b>

## LAMPIRAN I HASIL VALIDASI MODEL

### Validasi Satu Tahun

Tabel I.1 menunjukkan hasil dari validasi yang dilakukan untuk satu tahun pertama dari masing-masing model terbaik yang telah diuji

**Tabel I.1 Hasil Validasi Satu Tahun**

Periode	Aktual	Peramalan				Nilai MAPE			
		Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3	Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3
Jan-13	12670138	12618401	12723341	13121527	13018074	0.0041	0.0042	0.0356	0.0275
Feb-13	12770849	12564650	12740141	13296534	12673256	0.0161	0.0024	0.0412	0.0076
Mar-13	12440212	12417811	12660868	13314290	12600250	0.0018	0.0177	0.0703	0.0129
Apr-13	12455700	12354882	12782728	13418590	12786194	0.0081	0.0263	0.0773	0.0265
May-13	12258027	12281730	12506175	13471602	13001963	0.0019	0.0202	0.0990	0.0607
Jun-13	13411228	12230363	12847885	13551449	12966475	0.0881	0.0420	0.0105	0.0332
Jul-13	12531458	12180458	12794932	13611315	12807356	0.0280	0.0210	0.0862	0.0220
Aug-13	11824015	12138246	12891666	13679181	12655419	0.0266	0.0903	0.1569	0.0703

**Tabel I.1 Hasil Validasi Satu Tahun (lanjutan)**

Periode	Aktual	Peramalan				Nilai MAPE			
		Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3	Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3
Sep-13	13498927	12098506	12818706	13737282	12469984	0.1037	0.0504	0.0177	0.0762
Oct-13	12896754	12062254	13096995	13796814	12866992	0.0647	0.0155	0.0698	0.0023
Nov-13	13938205	12027899	12948060	13850317	12988791	0.1371	0.0710	0.0063	0.0681
Dec-13	13564173	11995423	13164843	13902814	13130843	0.1157	0.0294	0.0250	0.0319
Rata-Rata MAPE						<b>4.965%</b>	<b>3.255%</b>	<b>5.797%</b>	<b>3.661%</b>

### Validasi Dua Tahun

Tabel I.2 menunjukkan hasil dari validasi yang dilakukan untuk dua tahun pertama dari masing-masing model terbaik yang telah diuji

**Tabel I.2 Hasil Validasi Dua Tahun Untuk Tahun Kedua**

Periode	Aktual	Peramalan				Nilai MAPE			
		Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3	Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3
Jan-14	12914601	11940560	13507706	14031584	13028068	0.0754	0.0459	0.0865	0.0088

**Tabel I.2 Hasil Validasi Dua Tahun Untuk Tahun Kedua (lanjutan)**

Periode	Aktual	Peramalan				Nilai MAPE			
		Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3	Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3
Feb-14	13118603	11897954	12201761	13745995	12881039	0.0930	0.0699	0.0478	0.0181
Mar-14	12899762	11849864	12617802	13428306	12791751	0.0814	0.0219	0.0410	0.0084
Apr-14	12610200	11804889	12520843	13081748	12813377	0.0639	0.0071	0.0374	0.0161
May-14	13842737	11758715	13300451	12712822	12914297	0.1505	0.0392	0.0816	0.0671
Jun-14	13895401	12532968	13305712	12321949	12789779	0.0980	0.0424	0.1132	0.0796
Jul-14	13485476	12038365	13542701	11923580	12447153	0.1073	0.0042	0.1158	0.0770
Aug-14	12819350	12198413	12735414	11530501	12023434	0.0484	0.0065	0.1005	0.0621
Sep-14	13993062	12038508	13642074	11155795	11570255	0.1397	0.0251	0.2028	0.1731
Oct-14	13427190	12044619	13075946	10807712	11388737	0.1030	0.0262	0.1951	0.1518
Nov-14	14471999	11969061	13568225	10491122	11251742	0.1730	0.0624	0.2751	0.2225
Dec-14	14505691	11936162	13151454	10208004	11358765	0.1771	0.0934	0.2963	0.2169
Rata-Rata MAPE						<b>10.923%</b>	<b>3.702%</b>	<b>13.276%</b>	<b>9.179%</b>

### Validasi Tiga Tahun

Tabel I.1 menunjukkan hasil dari validasi yang dilakukan untuk tiga tahun pertama dari masing-masing model terbaik yang telah diuji

**Tabel I.3 Hasil Validasi Tiga Tahun untuk Tahun Ketiga**

Periode	Aktual	Peramalan				Nilai MAPE			
		Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3	Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3
Jan-15	13975554	11897033	13209439	9979437	11308797	0.1487	0.0548	0.2859	0.1908
Feb-15	13751354	11861781	12498234	9984119	11325889	0.1374	0.0911	0.2740	0.1764
Mar-15	13310246	11825189	12935764	10232010	11520358	0.1116	0.0281	0.2313	0.1345
Apr-15	13477183	11789685	12857874	10343125	11936338	0.1252	0.0460	0.2325	0.1143
May-15	13829200	11754017	13703298	10454228	12430983	0.1501	0.0091	0.2440	0.1011
Jun-15	13758665	11718778	13440365	10542316	12769858	0.1483	0.0231	0.2338	0.0719
Jul-15	13702831	11683731	13641897	10614521	12921370	0.1473	0.0044	0.2254	0.0570
Aug-15	13765738	11649084	13108504	10673199	12839078	0.1538	0.0477	0.2247	0.0673
Sep-15	14065086	11614880	13441943	10720805	12654016	0.1742	0.0443	0.2378	0.1003
Oct-15	14571353	11581277	13114945	10759306	12353318	0.2052	0.1000	0.2616	0.1522
Nov-15	14200050	11548408	13373205	10790366	12077285	0.1867	0.0582	0.2401	0.1495

**Tabel I.3 Hasil Validasi Tiga Tahun untuk Tahun Ketiga (lanjutan)**

Periode	Aktual	Peramalan				Nilai MAPE			
		Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3	Model1	Model2.1	Model2.3	Model3.3
Dec-15	14815596	11516440	13138249	10815365	11842850	0.2227	0.1132	0.2700	0.2006
Rata-Rata Nilai MAPE						<b>15.926%</b>	<b>5.168%</b>	<b>24.675%</b>	<b>12.633%</b>

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bagian ini berisi kesimpulan dari semua proses yang telah dilakukan dalam tugas akhir serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan kedepannya yang lebih baik.

#### **7.1. Kesimpulan**

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Metode Jaringan Saraf Tiruan dapat digunakan untuk membangun model dalam melakukan peramalan jangka menengah pemakaian air bersih kategori rumah tangga pada PDAM Surya Sembada Surabaya. Model ini dibangun dengan percobaan berbagai kombinasi struktur dan parameter hingga dihasilkan model dengan nilai MAPE paling rendah.
2. Berdasarkan hasil percobaan, dihasilkan tiga model yang memiliki 11 kombinasi variabel masukan dan nilai-nilai parameter yang menghasilkan MAPE antara 2.28% hingga 3.23 % pada pengujian. Dari model tersebut, dipilih model yang memiliki MAPE paling rendah untuk masing-masing kombinasi untuk proses validasi.
3. Berdasarkan hasil validasi, model dengan variabel pemakaian air dan variabel pelanggan memiliki kinerja yang baik ketika digunakan untuk peramalan bulanan selama tiga tahun dengan nilai MAPE tertinggi 5.17%. Dengan demikian model ini merupakan model yang valid dengan tingkat akurasi dan konsistensi kinerja yang tinggi selama periode tiga tahun.

## **7.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan proses uji coba, penarikan kesimpulan, dan batasan masalah dari tugas akhir ini adalah perlu dilakukan metode interpolasi dan ekstrapolasi dengan teknik yang berbeda untuk mendapatkan data bulanan yang menyerupai kondisi asli, sehingga memiliki pola yang tidak linear.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. T. Pramonoaji, S. Santosa and R. A. Pramunendar, "Prediksi Produksi Air PDAM dengan Jaringan Syaraf," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013*, Semarang, 2013.
- [2] X. Zhou, S. Zhang, X. Xie, M. Yang, Y. Bi and L. Li, "Application of BP Neutral Networks to Water Demand Prediction of Shenyang City Based on Principle Component Analysis," in *7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, Beijing, 2014.
- [3] R. A. Tambunan, "Peran PDAM dalam Pengelolaan Bahan Air Baku Air Minum Sebagai Perlindungan Kualitas Air Minum," Universitas Atma Jaya, Yogyakarta, 2014.
- [4] Admin, "PDAM Surya Sembada Kota Surabaya," PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, 2013. [Online]. Available: [www.pdam-sby.go.id](http://www.pdam-sby.go.id). [Accessed 7 Januari 2016].
- [5] D. L. Nurina and Irhamah, "Peramalan Volume Pemakaian Air Sektor Rumah Tangga di Kabupaten Gresik dengan menggunakan Fungsi Transfer," *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, vol. 2, no. 2, 2013.
- [6] I. Heryawan, "Jelang MEA, PDAM Surabaya Tingkatkan Kemampuan SDM," RRI.co.id, 19 Desember 2015. [Online]. Available: <http://www.rri.co.id/post/berita/229899/daerah/jela>

ng\_mea\_pdam\_surabaya\_tingkatkan\_kemampuan\_sdm.html. [Accessed 7 Januari 2016].

- [7] Y.U.D., "Kurang Pasokan, PDAM Surabaya Minta Warga Kurangi Konsumsi Air," Berita Satu.com, 25 Desember 2014. [Online]. Available: <http://www.beritasatu.com/nasional/235907-kurang-pasokan-pdam-surabaya-minta-warga-kurangi-konsumsi-air.html>. [Accessed 7 Januari 2016].
- [8] Admin, "Badan Pusat Statistik Surabaya," Badan Pusat Statistik Surabaya, 2014. [Online]. Available: [surabayakota.bps.go.id](http://surabayakota.bps.go.id). [Accessed 8 Januari 2015].
- [9] H. Liu, T. Deng and H. Zhang, "Research on Forecasting Method of Urban Water Demand Based on Fuzzy Theory," in *6th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, Tianjin, 2009.
- [10] M. Fagiani, S. Squartini, L. Gabrielli, S. Spinaste and F. Piazza, "A Review of Datasets and Load Forecasting Techniques for Smart Natural Gas and Water Grids; Analysis and Experiments," *Neurocomputing*, vol. 170, pp. 448-465, 2015.
- [11] M. K. Tiwari and J. F. Adamowski, "Medium-Term Urban Water Demand Forecasting with Limited Data Using an Ensemble Wavelet-Bootstrap Machine-Learning Approach," *Journal of Water Resource Planning and Management*, vol. 141, 2013.
- [12] A. AbdelHamid and M. A. Emadadeen, "Prediction of Municipal Water Production in Touristic Mecca City in Saudi Arabia using Neural Networks," *Journal of King Saud University*, pp. 83-91, 2013.

- [13] D. Kofinas, N. Mellios, E. Papageorgiou and C. Laspidou, "Urban Water Demand Forecasting for Island of Skiathos," in *16th Conference on Water Distribution System Analysis*, Bari, 2014.
- [14] C. Mingqi and L. Junpin, "Water Demand Prediction Model Based on Radial Basis Function Neural Network," in *1st International Conference on Information Science and Engineering*, Xi'an, 2009.
- [15] D. R. M. Gor, "Forecasting Techniques," [Online]. Available:  
<http://nsdl.niscair.res.in/jspui/bitstream/123456789/829/1/CHAPTER-6%20FORECASTING%20TECHNIQUES-%20Formatted.pdf>. [Accessed 1 February 2016].
- [16] A. A. S., "Penerapan Metode Single Moving Average dan Exponential Smoothing Dalam Peramalan Permintaan Produk Meubel Jenis Coffee Table Pada Java Furniture Klaten," Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2009.
- [17] Melynda, Penetapan strategi pemasaran berdasarkan forecast penjualan produk yoghurt di PT. Sukanda Jaya, Jakarta: Universitas Esa Unggul, 2012.
- [18] S. Chapra and R. Canale, *Numerical Methods for Engineer* 2nd Edition, New York: McGraw-Hill Book, 1990.
- [19] B. G. Tabachnick, *Using Multivariate Statistics*, Los Angeles: Pearson Education Company, 2001.
- [20] "Pearson's Correlation," Laerd Statistics, [Online]. Available:  
<http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/pea-rsons.pdf>. [Accessed 29 Mei 2016].

- [21] C. Ozkan and F. S. Erbek, "The Comparison of Activation Function for Multispectral Landsat TM Image Classification," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 69, no. 11, pp. 1225-1234, 2003.
- [22] W. Anggraeni, "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan Permintaan Barang," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 99-105, 2006.
- [23] H. Demuth, M. Beale and M. Hagan, *Neural Network Toolbox User's Guide*, Natick: Mathworks, 2009.
- [24] "Gradient Descent with Momentum Backpropagation," MathWorks, [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/nnet/ref/traingdm.html>. [Accessed 2 Juni 2016].
- [25] J. G. Carney and P. Cunningham, "The Epoch Interpretation of Learning," University of Dublin, Dublin.
- [26] R. Rojas, "Neural Networks," Springer-Verlag, Berlin, 1996.
- [27] S. Makridakis and M. Hibon, "Evaluating Accuracy (or Error) Measures," INSEAD, Fontainebleau, 1995.
- [28] Y.-k. Liu, F. Xei, C.-l. Xie, M.-j. Peng, G.-h. Wu and H. Xia, "Prediction of Time Series of NPP Operating Parameters Using Dynamic Model Based on BP Neural Network," *Annals of Nuclear Energy*, 2015.
- [29] M. B. E. Houari, O. Zegaoui and A. Abdallaoui, "Prediction of Air Temperature using Multi Layer Perceptrons with Levenberg Marquadt Training Algorithm," *International Research Journal of*

*Engineering and Technology*, vol. 2, no. 8, p. 32, 2015.

- [30] S. Chittineni and D. R. B. Bhogapathi, "A Study of the Behaviour of A Neural Network for Grouping the Data," *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 9, no. 1, pp. 228-234, 2012.
- [31] J. McCaffrey, "Visual Studio Magazines," Visual Studio, 01 Januari 2014. [Online]. Available: <https://visualstudiomagazine.com/articles/2014/01/01/how-to-standardize-data-for-neural-networks.aspx>. [Accessed 2 Juni 2016].

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Bandung pada tanggal 24 Juli 1994. Merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh beberapa pendidikan formal yaitu; SDN Magersari Sidoarjo, SMPN 1 Sidoarjo dan SMAN 1 Sidoarjo.

Pada tahun 2012 pasca kelulusan SMA, penulis melanjutkan pendidikan melalui jalur SNMPTN tulis di Jurusan Sistem Informasi FTIf – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 5212100095. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi himpunan mahasiswa, yaitu menjadi staf Departemen Kewirausahaan di tahun kedua dan menjadi Kepala Departemen Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi (HMSI) di tahun berikutnya. Di samping organisasi, penulis juga aktif dalam pelatihan, yakni mengikuti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) sampai tingkat menengah (LKMM TM) dan mengikuti Pelatihan Pemandu LKMM.

Penulis mengambil bidang minat Rekayasa Data dan Intelegensia Bisnis (RDIB) di Jurusan Sistem Informasi ITS. Penulis dapat dihubungi melalui *email* yoghadj32@gmail.com.